



TAMPEREEN TEKNILLINEN YLIOPISTO
TAMPERE UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

ANTTI VAINIONPÄÄ
KANTAVERKON RELEASETTELUTIETOKANNAN UUSIMISEN
MAHDOLLISUUDET JA HAASTEET

Diplomityö

Tarkastaja: professori Sami Repo
Tarkastaja ja aihe hyväksytty:

TIIVISTELMÄ

TAMPEREEN TEKNILLINEN YLIOPISTO

Sähkötekniikan koulutusohjelma

VAINIONPÄÄ, ANTTI: Kantaverkon releasettelutietokannan uusimisen mahdollisuudet ja haasteet

Diplomityö, 92 sivua, 7 liitesivua

Elokuu 2015

Pääaine: Sähköenergia

Tarkastaja: Sami Repo

Avainsanat: relesuojaus, distanssitoiminto, kantaverkko, asettelukytkin, tietokanta

Tässä diplomityössä tarkastellaan Suomen kantaverkkoyhtiö Fingridin releasettelutietokannan uusimisprojektia. Työn tavoitteena oli vertailla vanhan releasettelutietokantajärjestelmän rakennetta uuteen reletietokantajärjestelmään ja löytää uuden järjestelmän vahvuudet ja heikkoudet. Tarkastelu aloitettiin vanhan tietokantajärjestelmän kuvauksella, minkä jälkeen tutkittiin haasteellisimman ABB:n johtodistanssireleen mallinnusta tässä järjestelmässä. Kyseinen rele valittiin siksi, että se pitää sisällään eniten reletointoja ja asetteluparametreja. Tämän releen pohjalta järjestelmään kyetään toteuttamaan kantaverkossa olevat releet vastaavalla periaatteella, joka työssä on esitetty. Releen mallinnusta tarkasteltiin toiminnoittain ja asettelijan asettelemien parametrien mukaan, mikä auttoi yksityiskohtaisesti selventämään releen toimintaa työn lukijalle. Vanhasta järjestelmästä tehtiin huomioita siitä, mitä ominaisuuksia uudessa reletietokantajärjestelmässä tulisi olla ja mitkä ominaisuudet vanhasta tietokantajärjestelmästä tulisi säilyttää.

Vanhan tietojärjestelmän jälkeen kuvattiin uutta tietokantajärjestelmää sekä sen rakennetta ja ominaisuuksia suhteessa vanhaan järjestelmään. Myös uuteen tietokantajärjestelmään luotiin vastaava johtodistanssirele, jonka perusteella kyettiin hahmottamaan uuteen järjestelmään ennen sen käyttöönottoa tarvittavat muutokset. Tässä työssä esiintyneille puutoksille on esitetty ratkaisuehdotukset, jotka toteuttamalla ongelmat kyettäisiin korjaamaan, ohjelman rakenteelliset puutteet huomioiden.

Työssä ilmeni, että vanha tietokantajärjestelmä oli suunniteltu jakeluverkkoyhtiöiden käyttöön soveltuvaksi. Tällaisessa käytössä releiden asettelijan tulisi itse käyttää koestuslaitteita ja tarkastella releiden logiikkaa. Kantaverkkoyhtiöissä tämä ei ole mahdollista, sillä releiden ja reletointojen lukumäärät ovat niin suuria, että asettelijalla ei ole mahdollisuuksia opetella jokaisen releen toimintaperiaatteita yksityiskohtaisesti. Tästä syystä uutta järjestelmää on jouduttu uudistamaan kantaverkkoyhtiö Fingridin toiveiden mukaisesti. Tällä hetkellä Fingridin käytössä on testiversio uudesta releasettelutietokantajärjestelmästä, jonka käyttöönotto tapahtuu tämän vuoden aikana.

Työssä ilmenneistä puutteista luodaan raportti, joka lähetetään uuden järjestelmän kehittäjälle. Raportin perusteella uuden järjestelmän valmistaja tekee Fingridin avustuksella tarvittavat toimenpiteet, jotta ohjelma saataisiin käyttökuntoon ennen vuoden vaihdetta. Tämän siirtymäajan asettelijat käyttävät vanhaa tietokantajärjestelmää. Uuteen järjestelmään siirrytään, kun siihen kehitetyt toiminnollisuudet sen mahdollistavat.

ABSTRACT

TAMPERE UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

Master's Degree Program in Electrical Engineering

VAINIONPÄÄ, ANTTI: Opportunities and challenges in TSO's relay setting database renovation project

Master of Science Thesis, 92 pages, 7 Appendix pages

August 2015

Major: Electrical Energy Engineering

Examiner: Sami Repo

Keywords: relay protection, distance protection, transmission system, relay setting, database

This thesis analyses the Finnish TSO Fingrid's relay setting database renovation project. The aim of the work was to compare the old relay setting database to the new relay setting database and to find the strengths and weaknesses of the new system. The analysis starts with the old database description, and after that the thesis continues by modelling ABBs line distance relay REL 670, to the new system. The relay has been selected because it encompasses the most relay functions and setting parameters. On the basis of this relay it is easier to implement all other relays to the new system by following the same principles presented in this thesis. By examining relay modelling from different perspectives - focusing first on functions and then on the parameters set by a relay setter - the relay operation is throughoutly explained to the reader. The old system was studied to find out which features the new relay setting database should have and which characteristics of the old system should be retained.

After the old database the new database system and its construction, structure and characteristics are described in comparison to the old system. A corresponding line distance relay was created also to the new database system. This way it became possible to perceive the changes required before the new system could be introduced into production. A proposal has been made on how to rectify the problems reported by this study, also the structural shortcomings of the program were taken into consideration.

The work showed that the old database system was designed to be used by DSO-companies, where the relay setter actually uses test apparatus and a looks at the relay logic. In TSO-companies this is not possible, since the number of relays and relay functions are so large that it is not possible for the setter to learn each relays parameters in detail. For this reason, the new system has been renewed based on the wishes from Fingrid. At the moment Fingrid is using a test version of the new relay setting database, prior to the launch of the actual system which should take place in this year.

A report about the shortcomings encountered in this study will be sent to the developer of the new system. On the basis of the report, the manufacturer of the new system will take the necessary steps with the assistance of Fingrid, in order to get the new system up and running by the end of the year 2015. For this transitional period, relay setters will use the old system. The new system will be taken into operational usage after it is developed functionalities are implemented and tested.

ALKUSANAT

Diplomityö tehtiin Fingrid Oyj:lle omaisuudenhallinta järjestelmät -yksikköön. Työni ohjaajaksi oli nimetty DI Tuomas Vanninen Fingrid Oyj:stä ja työni tarkastajana toimi Sami Repo sähköenergiatekniikan laitokselta Tampereen teknillisestä yliopistosta.

Haluan kiittää erityisesti releasettelija-konsulttia Lauri Koivistoa, jolta sain erittäin asiantuntevaa palautetta ja yksityiskohtaisia esimerkkejä releiden toiminnasta. On ollut kunnia työskennellä Laurin kanssa, sillä Lauri on erittäin kokenut, omistautunut, ja taitava työssään. Haluan kiittää myös työni ohjaajaa Tuomasta ja kokeneita releasettelijoita Jaana Suontaustaa ja Jari Honkasta asiantuntevista kommentteista työhöni liittyen. On ollut todella mukavaa työskennellä tässä porukassa. Myös Patrik Lindbladille kiitos, kun valitsi minulle kyseisen työn tehtäväksi, ja esimiehelleni Suvi Lokkiselle, joka on mahdollistanut työni valmistumisen tällä aikataululla. Kiitän Sami Repoa asiantuntevista kommentteista ja työni tarkastamisesta. Kiitokset myös Fingrid Oyj:lle mahdollisuudesta tehdä tämä mielenkiintoinen ja haasteellinen työ sekä kaikille fingridiläisille, joiden takia on jokaisena päivänä mukava tulla töihin.

Haluan kiittää vielä TTY:tä, joka on ollut erinomainen opiskelupaikka kehittyä, vahvistaa sähkötekniikan osaamista ja joka mahdollistaa nopean siirtymisen työelämään. Haluan kiittää myös perhettäni ja kaikkia ystäviäni, joiden kanssa olen saanut viettää monia mukavia hetkiä.

Helsinki, 25.8.2015

Antti Vainionpää

SISÄLLYS

| | |
|--|----|
| Abstract | ii |
| Lyhenteet ja merkinnät..... | vi |
| 1 Johdanto | 1 |
| 2 Nykyinen tietokantajärjestelmä (REST) | 2 |
| 2.1 Releasettelujen työprosessi | 2 |
| 2.2 Releiden mallinnus..... | 3 |
| 2.2.1 Relelajit..... | 3 |
| 2.2.2 Releversiot | 4 |
| 2.2.3 Asettelukytkimet..... | 6 |
| 2.2.4 Toiminta-arvot | 7 |
| 2.2.5 Kaavat | 8 |
| 2.2.6 Ohjelmakytkimet ja ohjelmat..... | 11 |
| 2.3 Sijaintien rakenne..... | 13 |
| 2.3.1 Aseman suojauskohteet..... | 13 |
| 2.3.2 Suojauskohteen releet | 14 |
| 2.3.3 Liitynnät..... | 14 |
| 2.4 Releiden asettelut | 17 |
| 2.4.1 Toiminta-arvot | 17 |
| 2.4.2 Asettelukytkimet..... | 18 |
| 2.4.3 Ohjelmakytkimien ohjelmat | 19 |
| 2.4.4 Asetteluryhmät..... | 20 |
| 2.5 Raportit..... | 23 |
| 2.6 Järjestelmät vahvuudet ja heikkoudet | 25 |
| 3 REL670 nykyisessä järjestelmässä | 28 |
| 3.1 Toiminnot..... | 28 |
| 3.2 Distanssitoiminnot | 29 |
| 3.2.1 Distanssireletoiminto normaaliin sähköverkkoon | 29 |
| 3.2.2 Distanssirele sarjakompensoituun sähköverkkoon | 38 |
| 3.2.3 Distanssireleen lisätoiminnot..... | 41 |
| 3.3 Suunnatut maasulkutoiminnot..... | 45 |
| 3.3.1 Suunnattu vakioaikahidasteinen maasulkutoiminto..... | 46 |
| 3.3.2 Suunnattu käänteisaikahidasteinen maasulkutoiminto | 49 |
| 3.3.3 Suunnattu vakioaikainen maasulkutoiminto sammutettuun verkkoon | 50 |
| 3.4 Salpatoiminnot | 51 |
| 3.4.1 Heilahtelusalpatoiminto | 51 |
| 3.4.2 Kytkentävirtasalpatoiminto..... | 53 |
| 3.5 Jälleenkytkentä ja tahdistustoiminnot | 53 |
| 3.5.1 Jälleenkytkentätoiminto | 54 |
| 3.5.2 Tahdissaolonvalvoja | 55 |

| | | |
|-------|---|-----|
| 3.5.3 | Tahdistin | 57 |
| 3.6 | Viestiyhteystoiminnot | 58 |
| 4 | Uuden järjestelmän rakenne (IPS) | 60 |
| 4.1 | IPS-käyttöjärjestelmä | 61 |
| 4.1.1 | Sijaintien perusrakenne | 61 |
| 4.1.2 | Sijaintien vertailu IPS vs. REST | 62 |
| 4.1.3 | Rajapinnat | 66 |
| 4.1.4 | Liitynnät | 67 |
| 4.2 | Releiden mallinnus uudessa järjestelmässä | 68 |
| 4.2.1 | Toiminnot ja toiminta-arvot | 69 |
| 4.2.2 | Toiminta-arvojen asettelutaso | 70 |
| 4.2.3 | Toiminta-arvojen linkitys relesijainnille | 72 |
| 4.2.4 | Asettelukytkimet | 73 |
| 4.2.5 | Kaavat | 75 |
| 4.2.6 | Ohjelmat ja ohjelmakytkinkombinaatiot | 78 |
| 5 | REL670 Toteutus järjestelmään | 82 |
| 5.1 | Distanssitoiminnot | 83 |
| 5.2 | Suunnatut maasulkutoiminnot | 86 |
| 5.3 | Salpatoiminnot | 87 |
| 5.4 | Jälleenkytkentä ja tahdistustoiminnot | 87 |
| 5.5 | Viestiyhteystoiminnot | 88 |
| 5.6 | Relemallin testaus | 89 |
| 6 | Yhteenveto | 91 |
| | Lähteet | 93 |
| | LIITE 1 - REST-relelajit | 95 |
| | LIITE 2 - REST-toiminta-arvot | 96 |
| | LIITE 3 - Quoadramho releen ohjelmoitavat kaavat | 97 |
| | LIITE 4 - Kangasalan pääkaaviokuva | 98 |
| | LIITE 5 - distanssireleen vyöhykekuvaajat | 99 |
| | LIITE 6 - Distanssitoiminnon toiminta-arvot (IPS) | 100 |
| | LIITE 7 - Toiminta-arvojen kaavat (IPS) | 101 |

LYHENTEET JA MERKINNÄT

| | |
|----------------|---|
| AJK | Aikajälleenkytkentä |
| ArcGIS | Esrin hallinnoima karttatietopalvelu |
| Asettelukytkin | Releen todellinen asetteluparametri, joka muodostetaan toiminta-arvoista kaavan avulla. Tyypillisesti sisältää myös laadun esim. Ω , A tai V |
| CAPE | ELVIS-järjestelmän releasetteluiden laskentaohjelma |
| CIM | Common Information Model, sähköverkkoyhtiöiden tietojärjestelmien integrointiin tarkoitettu CIM-standardi |
| DEF | Directional Earth-Fault, suunnattu maasulkutoiminto, joka on integroitu distanssireleeseen |
| Elnet | Elnet on Fingridin ja yhteistyökumppanien käytössä oleva 110—400 kV sähkönsiirtoverkon nykyinen tietojärjestelmä, joka koostuu yhteisestä tietokannasta ja sen ympärille rakennetuista sovelluksista. |
| ELVIS | ELVIS projekti (2006—2016) on kantaverkon uusi toiminnanohjausjärjestelmä |
| IPS | Intelligent Process Solutions on uusi releasetteluiden hallintaohjelma |
| Liityntä | Releasettelujen vaatima liityntätieto (voimajohto/muuntaja) |
| Max | Maximiarvo |
| MAXIMO | ELVIS-järjestelmän päätietokantajärjestelmä |
| Min | Minimiarvo |
| n-1 | Verkkoperiaate, jossa yhden minkä tahansa komponentin vikaantuminen ei aiheuta laajenevaa verkkohäiriötä |
| ODMS | ELVIS-järjestelmän tehonjaon laskentaohjelma |
| Ohjelmakytkin | Releen todellinen asetteluparametri, sisältää releen loput aseteltavat parametrit, joihin ei tarvita kaavoja. Tyypillisesti ei sisällä numeerista laatua esim. ON tai OFF |
| PJK | Pikajälleenkytkentä |
| Porras | Releparametrin asetteluarvon asetusväli |
| PSM | IPS-järjestelmän ohjelmakytkinkirjasto |

| | |
|---------------|--|
| Relelaji | REST-järjestelmän reletointo |
| RELEX | IPS-järjestelmän asettelukytkinkirjasto |
| RELEX-malli | Reletiedosto, joka sisältää releen asettelu- ja ohjelmakytkimet |
| Reletyyppi | Todellinen rele, esimerkiksi ABB valmistama REL670 |
| Releversio | REST-järjestelmän reletointo, johon on yhdistetty reletyyppi |
| REL670 | ABB:n valmistama digitaalinen johtodistanssirele |
| REST | Relay Setting on Elnet-järjestelmän releasettelutietokantajärjestelmä |
| Solmuväli | Kuvastaa kahden lähimmän aseman tai kantaverkkoon kiinnitetyn sivuhaaran johtoväliä, ei ota huomioon, onko kyseessä releiden suojausväli |
| Suojausväli | Releen suojaama johtoväli, joka voi pitää sisällään monta solmuväliä |
| Toiminta-arvo | Releen asetteluun käytettävä voimajärjestelmän parametriarvo, joka ei ole todellisessa releessä |
| Toiminto | Releen toiminnollisuus, joka sisältää toiminto- ja relekohtaiset asettelut |

1 JOHDANTO

Fingrid aloitti vuonna 2006 projektin, jonka tavoitteena oli rakentaa toimintaa tukeva uusi tietojärjestelmäkokonaisuus, joka perustuisi tuotepohjaisiin ratkaisuihin. Pitkän prosessin jälkeen päädyttiin vuonna 2012 ratkaisuun, joka koostuu kahdeksasta kaupan hyllyltä saatavasta tuotteesta, jotka on integroitu keskenään. Tämän tietojärjestelmäkokonaisuuden nimi on ELVIS (ELectricity Verkko Information System).[1] Yksi näistä tuotteista on releasettelutietokantajärjestelmä IPS (Intelligent Process Solutions). Työ käsittelee kantaverkon reletietokantajärjestelmän siirtoa vanhasta järjestelmästä REST:stä (Relay Settings) uuteen IPS-järjestelmään.

Työn tarkoituksena on luoda tarkka kuvaus järjestelmien toiminnasta ja releiden mallinnuksesta. Tätä on hahmotettu kantaverkon vaativimman releen ABB:n valmistaman REL670-releen avulla. Releen luonnin yhteydessä paljastuvat IPS-järjestelmän puutteet ja mahdollisuudet. Näiden perusteella työssä listataan ne toimenpiteet, joita IPS-järjestelmässä tulee parantaa ennen ohjelman lopullista käyttöönottoa. Samalla listataan IPS:n tuomat ominaisuudet ja toiminnot, jotka parantavat niin releasettelijoiden ja koestajien toimintaedellytyksiä.

Toisessa luvussa käydään läpi vanhan järjestelmän rakennetta, toimintaa ja releiden mallinnusta kyseiseen järjestelmään. Samoin luvussa käy ilmi REST-järjestelmän vahvuudet, jotka uudessa järjestelmässä tulee säilyttää sekä heikkoudet, jotka tulee ratkaista uuteen järjestelmään siirryttäessä.

Kolmannessa luvussa tarkastellaan, miten ABB:n johtodifferentiaalirele REL670 on rakennettu nykyiseen REST-järjestelmään. Rakennetta tarkastellaan pilkkomalla rele toimintoihin ja toiminta-arvo asetteluihin. Luvussa myös pohditaan, mitä muutoksia releen mallinnukseen haluttaisiin tehdä uuteen järjestelmään siirryttäessä.

Tämän jälkeen siirrytään tarkastelemaan uuden järjestelmän rakennetta ja tämän hetkistä toimintaa. Läpikäynnin lisäksi luvussa tartutaan uuden järjestelmän tuomiin mahdollisuuksiin ja puutteisiin asettelijan ja koestajan näkökulmasta. Viimeisessä viidennessä luvussa mallinnetaan REL670-rele uuteen tietokantajärjestelmään REST-järjestelmän tietojen pohjalta. Luvussa pyritään kehittämään ja osoittamaan, miten releen mallinnus järjestelmästä toiseen onnistuu ja mitä toimenpiteitä uuteen järjestelmään on tehtävä, jotta järjestelmä voitaisiin ottaa kantaverkkoyhtiön käyttöön.

2 NYKYINEN TIETOKANTAJÄRJESTELMÄ (REST)

Tässä luvussa käsitellään kantaverkkoyhtiössä käytössä olevaa releasettelutietokantajärjestelmää Relay Settings (REST) ja kuvataan sen tarkempaa rakennetta. REST-järjestelmä vaihdetaan kokonaisuudessaan uuteen järjestelmään, IPS:ään (Intelligent Process Solutions), vuonna 2016 [1]. Luku 2 sisältää releiden mallinnuksen toiminto- ja parametrisoille asti.

REST on Fingridin nykyisin käyttämä kantaverkon releasetteluiden hallintaohjelma, joka sisältää muun muassa releiden asettelut, kuormitettavuuslaskelmat sekä suojauskohteet koko Suomen kantaverkon alueelta. REST-ohjelman rakentaja ja ylläpitäjä on Cybersoft.[2]

Seuraavassa tarkastellaan REST:n rakennetta ja toimintaa. Tarkoituksena on luoda yleiskuva vanhasta reletietokantajärjestelmästä, joka on ollut Suomen kantaverkon käytössä yli kymmenen vuotta [2]. Ensimmäisenä perehdytään releasettelujen toimintamalliin, joka on käytössä Suomen kantaverkossa.

2.1 Releasettelujen työprosessi

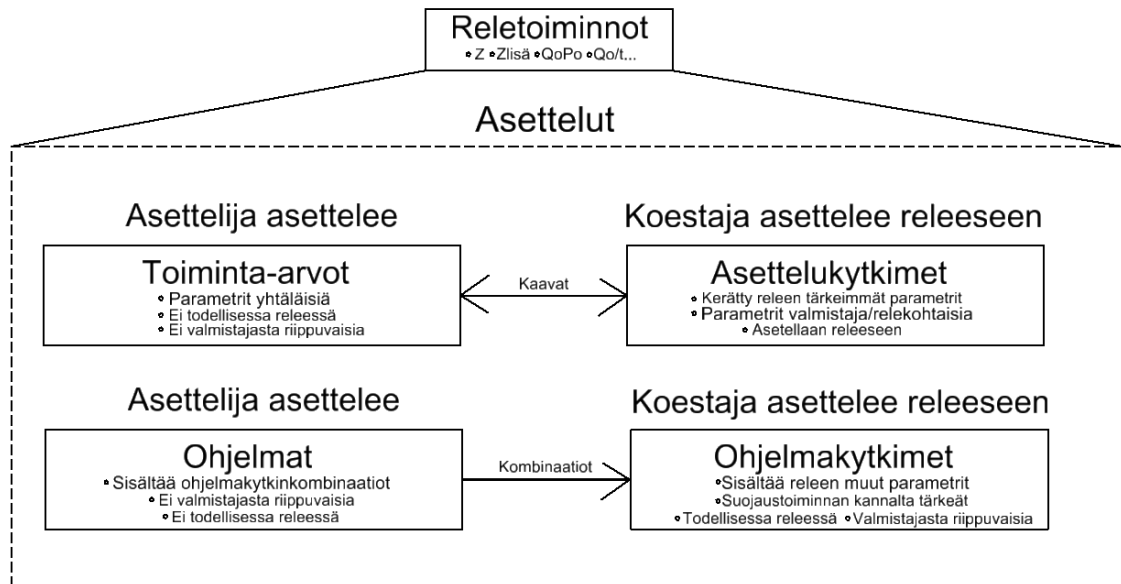
Rele on suojalaite, jonka tarkoituksena on suojata verkon osia normaalitilasta poikkeavilta jännitteiltä ja virroilta. Rele pysyy normaalitilassaan niin kauan kuin sen tarkkaileman suureen arvo ei sivuuta aseteltua toiminta-arvoa. Releen tarkkaileman suureen ylittäessä tai alittaessa tarkastelusuureen rele havahtuu. Ilman hidastusta tai havahtumisen kestäessä riittävän pitkään rele antaa hälytyksen, laukaisee katkaisijan tai suorittaa moollemmat toiminnot. Johtokentän rele käynnistää myös jälleenkytkennän [3]. Kantaverkossa releen suojauskohteita ovat johto-, muuntaja-, kisko-, kiskokatkaisija-, kondensaattori- ja reaktorikentät eri jännitetasoissa [4].

Rele sisältää parametreja, jotka määrittävät releen toiminnan. Kyseisille parametreille määritetään arvot kantaverkkoyhtiön relesuojaushenkilön toimesta. Tätä henkilöä kutsutaan asettelijaksi. Asettelija asettelee releparametrien arvot tietokantajärjestelmään releen todelliseen suojauskohteeseen. Tietokantajärjestelmän ja releen aseman välillä ei saa olla turvallisuussyistä yhteyttä vaan suunnitellut parametriarvot tulee asettaa releeseen asemaltakäsin. Työ on ulkoistettu urakoitsijalle, joka määrittää koestajan suorittamaan kyseisen toimenpiteen. Koestajan tehtävänä on syöttää tietokantajärjestelmään suunnitellut releen parametriarvot todelliseen asemalla löytyvään releeseen asemalta käsin. Vanhojen releiden tapauksessa parametrimuutokset tehdään releestä kytkimiä kääntämällä. Uusissa digitaalisissa releissä koestaja asettelee parametrit asemalta löytyvän tietokoneen avulla.

Tietokone sisältää relevalmistajien asetteluohjelmat, joihin asetteluparametrien tiedot kyetään syöttämään.

2.2 Releiden mallinnus

Releiden mallinnusta kuvaa hyvin kuvan 2.1 mallinnus releasettelujen toiminnasta Suomen kantaverkossa:



Kuva 2.1 Sisältää REST-releasettelujen toimintaperiaatteen [5].

Kuvasta 2.1 nähdään, että reletoiminnot ovat keskeinen osa REST:n mallinnusta. Kuvasta havaitaan, että asetteliija, eli kantaverkkohenkilö, asettaa releelle arvoja, jotka eivät sellaisenaan sovellu suoraan releeseen aseteltaviksi muutamaa relettä lukuun ottamatta. Tästä syystä REST-järjestelmään on jouduttu rakentamaan kaavat toiminta-arvojen ja asettelukytkimien välille eli oikeille releissä oleville parametreille. Sama rakenne on myös ohjelmien ja ohjelmakytkimien välillä. Tämä helpottaa asettelijoiden työtä, sillä releet on saatu yhdenmukaisemmiksi toiminta-arvojen avulla. Toiminta-arvot, asettelukytkimet ja koko REST:n rakenne on kuvattuna tarkemmin seuraavissa kappaleissa.

2.2.1 Relelajit

REST:ssä releet on mallinnettu relelajeittain eli toiminnoittain. Toiminto on releen suojaustapa, jolle on annettu oma nimityksensä. Ennen jokaiselle toiminnolle oli oma releensä, mutta nykyisin yksi digitaalinen rele voi sisältää useita toimintoja. Nykyisin relettä tilattaessa valitaan suojauskohteelle ensin tarvittavat toiminnot ja tämän jälkeen valitaan releet, jotka kykenevät suorittamaan halutut toiminnot [6].

REST:ssä toiminnot ovat päätaso, jonka alle releiden toiminta on rakennettu. Kuvassa 2.2 on kuvattu osa releiden toiminnoista, kaikki toiminnot ovat listattuina liitteessä 1. On tärkeää huomata, että releiden toiminnot eivät kerro itsessään mitään releen valmistajasta tai

relemallista. Releen toiminto kertoo vain, että kyseinen toiminta on käytössä kyseisen suojauskohteen kyseisessä releessä.

| Laji | Nimi | Versiot | Releet |
|--------|-------------------------------------|---------|--------|
| Z | Distanssirele | 51 | 924 |
| Zlisä | Distanssireleen lisätoiminnot | 20 | 414 |
| Hs | Heilahtelusalpa | 12 | 40 |
| D | Differentiaalirele | 36 | 235 |
| Dlisä | Differentiaalireleen lisätoiminnot | 3 | 47 |
| Z< | Ali-impedanssirele | 1 | 2 |
| I>ohj. | Virtareleen ohjelma | 7 | 145 |
| I> | Ylivirtarele | 43 | 849 |
| I/t | Käänteisaikaylivirtarele | 19 | 467 |
| I2 | Vastakomponenttivirta | 2 | 4 |
| IO/t | Käänteisaikanollavirtarele | 6 | 16 |
| QO/t | Käänteisaikamaasulunsuuntarele | 9 | 48 |
| QO/PO | Maasulunsuuntarele | 44 | 864 |
| IO | Nollavirtarele (maasulkuvirtarele) | 54 | 1104 |
| IO-- | Katkeilevan maasulun nollavirtarele | 1 | 0 |
| (I2f) | Yliaaltosalparele | 10 | 136 |
| Te | Lämpörele | 8 | 20 |

Kuva 2.2 REST-järjestelmän relelajit [5].

Kuvassa 2.2 on kuvattuna releiden toimintoja, kuten distanssitoiminto tai maasulunsuuntatoiminto. *Versiot*-sarakeessa näkyy, kuinka monella erilaisella releversiolla on käytössä kyseinen toiminto, ja *Releet*-sarakeessa on toimintoa käyttävien verkossa olevien releiden lukumäärä.

Vanhimmat kantaverkossa vielä käytössä olevat sähkömekaaniset ja mekaaniset releet sisältävät yhden toiminnon kuten heilahtelusalpa- tai distanssitoiminnon [7]. Tällöin jokainen toiminto vaatii yhden releen. Nykyiset digitaaliset releet kykenevät yksin suorittamaan useista toiminnoista. Esimerkiksi uusi ABB:n digitaalinen johtodistanssirele REL-670 sisältää 11 erilaista toimintoa [5].

2.2.2 Releversiot

Releversio kuvastaa oikeaa relettä, joka sisältää releen kuormitettavuuslaskelmat, vyöhykekuvat, ohjelmat ja releen parametrit kaavoineen. Releversioilla ei ole todellista sijaintitietoa vaan versiot sisältävät releen tiedot ilman suojauskohdetta, toisin sanoen ne sisältävät releen rakenteen.

Releversiot on muodostettu toimintokohtaisesti, jolloin sama rele on mainittuna useaan kertaan releversiot-sivulla. REST:ssä on releelle merkitty vain ne toiminnot, jotka ovat käytössä kantaverkossa. Todellinen rele voi sisältää useampiakin toimintoja. Uuden releversion käyttöönotossa tehdään ensin valmistajan, kantaverkkoyhtiön ja urakoitsijan kesken tyyppitestaus, jossa releversiosta muokataan halutun tyyppinen [3].

Releversio-kuvasta 2.3 voidaan havaita, että samaa reletyyppiä on käytetty joissain rele-lajeissa kahteen otteeseen, mikä johtuu järjestelmän rakenteesta. Järjestelmä on rakennettu releversion alatasolla kaavakohtaisesti, jolloin nimellisvirran muutos muuttaa kyseisten kaavojen rakennetta. Tämän seurauksena on jouduttu turvautumaan kahteen releversioniin, kuten 7SA513 v3-tapauksessa. Ensimmäinen releversio käyttää sisäisenä virtana 1 ampeeria ja toisessa 5 ampeeria, kuten kuvan 2.3 sarakkeesta I_N/A voidaan havaita. Kyseiseen järjestelyyn on päädytty REST:n alkuaikoina: Cybersoft rakensi ensimmäiset releversiot valmiiksi, ja tällöin tehtiin erilliset 1 A- ja 5 A-versiot. Nykyisin käytetään "modularisoituja" releversioita, joissa nimellisvirta on laitettu yhdeksi asetteluparametriksi, kuten kuvassa 2.5 7SA510-releen I_n parametrissa voidaan havaita. Siten vain vanhoille releille on tehty erilliset 1 A- ja 5 A-releversiot [3].

| Laji | No | Tyyppi | I_N / A | U_N / V | R | Huomautus | Valmistaja | Käyttöön | Releet | Sulje |
|------|-----------------|----------|-----------|-----------|---|-----------|------------|------------|--------|-----------|
| Z | 427SA510 | 1 tai 5A | | 100P | | +Hs+I0 | SIEMENS | 12.04.1999 | 17 | |
| Z | 347SA511 v3-3.2 | 1A | 1 | 100P | | +Hs+Q0+JK | SIEMENS | 09.04.1996 | 16 | Hakuehdot |
| Z | 357SA511 v3-3.2 | 5A | 5 | 100P | | +Hs+Q0+JK | SIEMENS | 09.04.1996 | 43 | Hae |
| Z | 317SA513 v3 | 1A | 1 | 100P | | +Hs+Q0+JK | SIEMENS | 17.10.1996 | 34 | Tallenna |
| Z | 337SA513 v3 | 5A | 5 | 100P | | +Hs+Q0+JK | SIEMENS | 17.10.1996 | 0 | Uusi |
| Z | 417SA6/5 | 1/5A | | 100P | | +Hs+Q0+JK | SIEMENS | 09.02.2000 | 376 | Poista |
| Z | 51D60 | 1/5A | | 100P | | Mod | GE | 19.11.2004 | 2 | |
| Z | 14L3wxe/wxk | 2A | 2 | 200M | | 2A/200V | BBC | 15.07.1991 | 2 | Kopioi... |
| Z | 15L3wxe/wxk | 5A | 5 | 100M | | 5A/100V | BBC | 17.11.1992 | 10 | Tiedot... |
| Z | 17L3wxd | 5A | 5 | 100M | | 5A/100V | BBC | 15.11.1991 | 6 | |
| Z | 16L3wxd | 2A/200V | 2 | 200M | | 2A/200V | BBC | 17.11.1992 | 3 | |
| Z | 12L6f | 2A/200V | 2 | 200M | | 2A/200V | BBC | 15.11.1991 | 2 | Tulosta |
| Z | 23L8a/b | 2A/200V | 2 | 200M | | 2A/200V | BBC | 15.11.1991 | 1 | Tiedot... |
| Z | 36LFZR | 1A | 1 | 100P | | +Hs+Q0 | GEC | 30.01.1997 | 12 | Paikat... |
| Z | 10LZ3 | 5A | 5 | 100M | | 5A/100V | BBC | 18.06.1991 | 7 | Näyttö... |
| Z | 11LZ31/32 | 5A | 5 | 100M | | 5A/100V | BBC | 18.06.1991 | 11 | |
| Z | 13LZ31/32 | 2A/200V | 2 | 200M | | 2A/200V | BBC | 18.06.1991 | 0 | |

Kuva 2.3 REST-järjestelmän releversiot [5].

Kuvan 2.3 tiedoissa *Laji* merkitsee toimintoa, *Tyyppi* releversiota, I_N/A releversion nimellisvirtaa ja U_N/V nimellisjännitettä. *R*-sarake kertoo releen sukupolven eli sen, onko kyseessä *P* digitaalinen, *S* staattinen vai *M* mekaaninen rele. *Huomautus*-sarakeeseen on aseteltu ylimääräistä tietoa releversiosta, kuten releversion sisältämät ylimääräiset toiminnot. Muita kenttiä ovat *Käyttöönotto*-sarake, joka on releversion käyttöönottopäivä, ja *Releet*-sarake, joka kertoo, kuinka moni rele käyttää kyseistä releversiota kantaverkossa tarkasteluhetkellä. Kuvasta voidaan myös havaita, että REST:iin on rakennettu yhteensä 868 releversiota. Kuvan oikealla puolella on painike *Tiedot*, josta pääsee käsiksi releversio-dataan. Se sisältää toiminta-arvot, asettelukytkimet, asettelujen kaavat, ohjelmakykymet, ohjelmat, kuormitettavuuslaskelmat, differentiaalireleen toimintakuvion ja distanssireleen tapauksessa vyöhykekuviot, joita kuvataan tarkemmin seuraavissa kappaleissa.

2.2.3 Asettelukytkimet

Asettelukytkimet sisältävät oikeasti releeseen aseteltavat parametrit, joiden avulla rele suorittaa toimintansa. Esimerkiksi ylivirtareleeseen kaksi asettelukytkimen parametria ovat havahtumisvirta ja havahtumisaika, joista havahtumisvirtaan asetetaan virta-arvo, jonka ylittyessä rele havahtuu, ja havahtumisaikaparametriin aika, jonka jälkeen rele laukaisee katkaisijan, jos havahtumisvirta on vielä asetteluajan jälkeen ylittynään.

Asettelukytkimet ovat ELNET:issä releversiotoimintokohtaisia, eli jokaiselle releversiolle on toimintokohtaisesti jaoteltu releen asettelukytkimet. Tämä tarkoittaa, että esimerkiksi distanssitoiminto sisältää releen distanssitoimintoon liittyvät asettelukytkimet, kuten vyöhykeasetteluun tarkoitetut parametrit (kuva 2.4). ELNET:iin asettelukytkimien parametrit on saatu rakennettua relemanuaalien avulla.

| No | J | Merkintä | Laatu | V | Merkitys | Porras | Min | Max |
|------|---|----------|---------|---|-----------------------------|--------|-----|---------|
| 1301 | | R1 | ohm | | 1.vyöhykkeen R-asettelu oip | P | .01 | .05 65 |
| 1302 | | X1 | ohm | | 1.vyöhykkeen X-asettelu. | P | .01 | .05 130 |
| 1303 | | R1E | ohm | | 1.vyöhykkeen R-asettelu ma | P | .01 | .05 130 |
| 1304 | | DirZ1 | 1=F,2=R | | 1.vyöhykkeen suunta: 1=Ett | P | 1 | 0 2 |
| 1305 | | T1E | s | | hjä = ei käytössä (ääretön) | P | .01 | 0 32 |
| 1306 | | T1 | s | | 1.vyöhykkeen aikahidastus | P | .01 | 0 32 |
| 1311 | | R2 | ohm | | 2.vyöhykkeen R-asettelu oip | P | .01 | .05 65 |
| 1312 | | X2 | ohm | | 2.vyöhykkeen X-asettelu. | P | .01 | .05 130 |
| 1313 | | R2E | ohm | | 2.vyöhykkeen R-asettelu ma | P | .01 | .05 130 |
| 1314 | | DirZ2 | 1=F,2=R | | 2.vyöhykkeen suunta: 1=Ett | P | 1 | 0 2 |
| 1315 | | T2E | s | | 2.vyöhykkeen aikahidastus | P | .01 | 0 32 |
| 1316 | | T2 | s | | 2.vyöhykkeen aikahidastus | P | .01 | 0 32 |
| 1321 | | R3 | ohm | | 3.vyöhykkeen R-asettelu oip | P | .01 | .05 65 |
| 1322 | | X3 | ohm | | 3.vyöhykkeen X-asettelu. | P | .01 | .05 130 |
| 1323 | | R3E | ohm | | 3.vyöhykkeen R-asettelu ma | P | .01 | .05 130 |
| 1324 | | DirZ3 | 1=F,2=R | | 3.vyöhykkeen suunta: 1=Ett | P | 1 | 0 2 |
| 1325 | | T3 | s | | 3.vyöhykkeen aikahidastus | P | .01 | 0 32 |

Kuva 2.4 Distanssireleen asettelukytkimet [5].

Ylemmän kuvan distanssireleen asettelukytkimet näkyvät kuvassa 2.4. Ensimmäinen sarake *No* kuvaa releessä olevaa valmistajan parametrin asettelunumeroa, *Merkintä*-sarake parametrin lyhennettä, *Laatu*-sarake syötettävän arvon yksikköä tai tilaa, *Merkitys*-sarake asettelukytkimen tarkempaa kuvausta ja neljänneksi viimeinen sarake kuvaa asettelun muutosmahdollisuutta, eli onko kyseessä *P* portainen, *J* jatkuva vai *M* moniportainen asettelun säätö. Viimeiset kolme saraketta kuvaavat parametrin asetteluvälejä, joista *Min* kuvaa minimiarvoa, *Max* maksimiarvoa ja *Porras* asettelukytkimen mahdollisen muutoksen suuruutta.

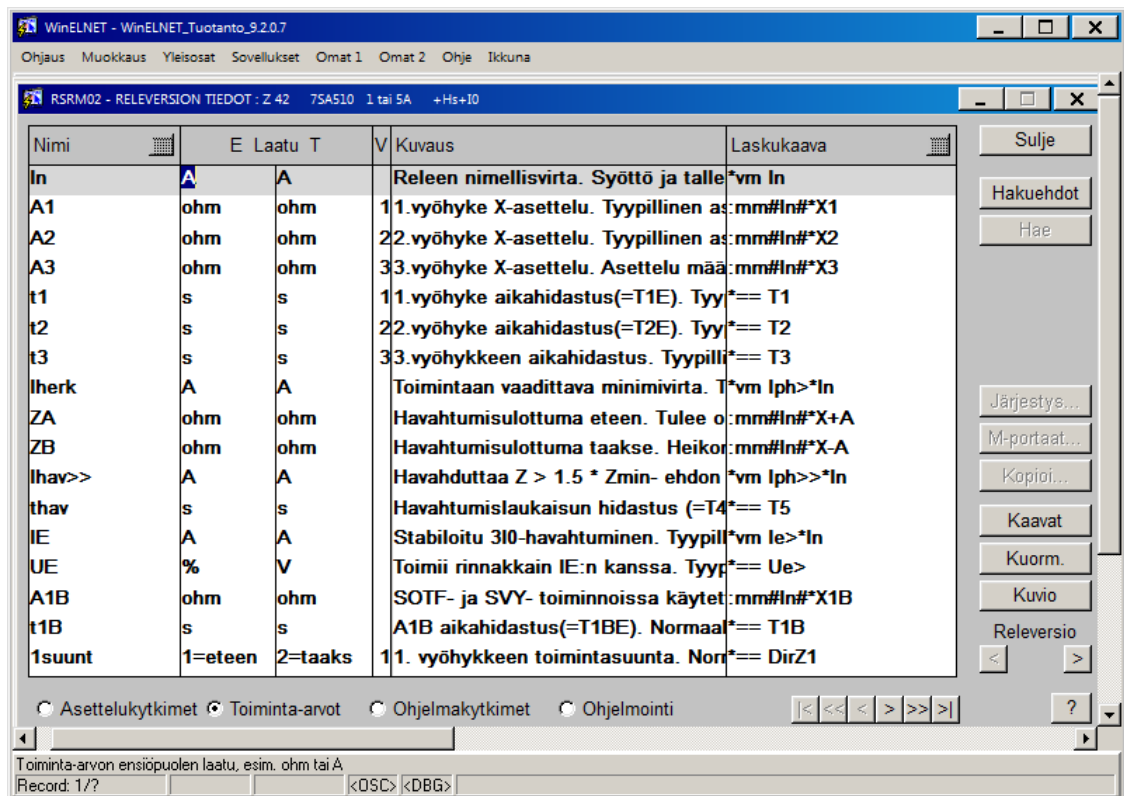
REST:ssä asettelukytkimiä tarkastelevat vain koestajat, jotka käyvät sähköasemalla asettelemassa releeseen asettelukytkimien arvot. Tämän vuoksi REST:n asettelukytkimien on

vastattava täysin releeseen aseteltavia parametreja. Asettelukytkimien arvot saadaan laskettua toiminta-arvoista, jotka asettelijat asettelevat.

2.2.4 Toiminta-arvot

Toiminta-arvot ovat releasettelijalle välttämättömiä parametreja, joiden avulla lasketaan releeseen todellisuudessa syötettävät asettelukytkimien arvot kaavoja käyttäen. Kaavat on muodostettu jokaiselle relemallille siten, että toiminta-arvot on saatu yhtenäiseksi relevalmistajasta riippumatta. Toiminta-arvot siis pyrkivät vähentämään eri relevalmistajien releiden asettelukytkimien eroavaisuuksia. Jokaiselle relevalmistajalla on markkinoilla useita versioita ja relemallia, joita on siten käytössä myös Fingridin omistamassa kantaverkossa. Toiminta-arvojen tarkoitus on helpottaa asettelijoiden työtä ja auttaa asettelijaa asettelemaan jokaisessa releversiossa halutut parametrit. Toiminta-arvot mahdollistavat myös releiden välisen vertailun. Esimerkiksi distanssitoiminnon vyöhykeasette- luita A1, A2, A3, A4 ja A5 kytetään viiden asettelun avulla vertaamaan kohtuullisesti toisiinsa relevalmistajasta riippumatta [3]. Toiminta-arvojen nimien kiinnitys relevalmistajasta riippumattomaksi tarkoittaa, että kyseisten parametrien vertailu onnistuu yhdenmukaisesti esimerkiksi raporteilla. Kiinnitetyt parametrit on listattu toiminnoittain liitteessä 2.

Kuvassa 2.5 on kuvattuna distanssireleen 7SA510 distanssitoiminnon toiminta-arvoja. 7SA510-releen distanssitoiminto sisältää 42 toiminta-arvoa, joista ensimmäiset 17 näkyvät alla olevassa kuvassa.



| Nimi | E | Laatu | T | V | Kuvaus | Laskukaava |
|--------|---------|---------|---|---|---------------------------------------|------------------------------|
| In | A | A | | | Releen nimellisvirta. Syöttö ja talle | $I_{vm} \cdot I_n$ |
| A1 | ohm | ohm | | | 11.vyöhyke X-asettelu. Tyypillinen as | $mm \cdot I_n \cdot X1$ |
| A2 | ohm | ohm | | | 22.vyöhyke X-asettelu. Tyypillinen as | $mm \cdot I_n \cdot X2$ |
| A3 | ohm | ohm | | | 33.vyöhyke X-asettelu. Asettelu mää | $mm \cdot I_n \cdot X3$ |
| t1 | s | s | | | 11.vyöhyke aikahidastus(=T1E). Tyy | $T1$ |
| t2 | s | s | | | 22.vyöhyke aikahidastus(=T2E). Tyy | $T2$ |
| t3 | s | s | | | 33.vyöhykkeen aikahidastus. Tyypill | $T3$ |
| lherk | A | A | | | Toimintaan vaadittava minimivirta. T | $I_{vm} \cdot I_{ph} > I_n$ |
| ZA | ohm | ohm | | | Havahtumisulottuma eteen. Tulee o | $mm \cdot I_n \cdot X + A$ |
| ZB | ohm | ohm | | | Havahtumisulottuma taakse. Heikor | $mm \cdot I_n \cdot X - A$ |
| lhav>> | A | A | | | Havahduttaa Z > 1.5 * Zmin- ehdon | $I_{vm} \cdot I_{ph} > I_n$ |
| thav | s | s | | | Havahtumislaukaisun hidastus (=T4 | $T5$ |
| IE | A | A | | | Stabiloitu 310-havahtuminen. Tyypil | $I_{vm} \cdot I_e > I_n$ |
| UE | % | V | | | Toimii rinnakkain IE:n kanssa. Tyy | $I_{vm} \cdot U_e > I_n$ |
| A1B | ohm | ohm | | | SOTF- ja SVY- toiminnoissa käytet | $mm \cdot I_n \cdot X1B$ |
| t1B | s | s | | | A1B aikahidastus(=T1BE). Normaali | $T1B$ |
| 1suunt | 1=eteen | 2=taaks | | | 11. vyöhykkeen toimintasuunta. Non | $I_{vm} \cdot I_n \cdot X1B$ |

Kuva 2.5 Siemensin 7SA510 distanssitoiminnon toiminta-arvot [5].

Kuvassa 2.5 *Nimi*-sarake kuvastaa toiminta-arvon nimilyhennettä, *Laatu*-sarake parametrin yksikköä, *V*-sarake distanssireleen vyöhykettä, *Kuvaus*-sarake kertoo parametrin aseteluun liittyvän informaation ja *Laskukaava*-sarakkeessa on kaava, joka näyttää, millä kaavalla ja asettelukytkimien parametreille saadaan laskettua kyseisen rivin toiminta-arvo laskettua. Ohjelma sisältää kaavat myös toiminta-arvoista asettelukytkimiksi, mutta ne eivät ole näkyvissä järjestelmässä, vaan ohjelman sisään on koodattu kaavat toiseen suuntaan. Jos *Laskukaava*-sarakkeeseen kuitenkin syöttää uuden kaavan, muokkautuvat koodatut kaavat myös toiseen suuntaan automaattisesti ohjelman sisällä [3]. Kaavoista on kerrottu tarkemmin luvussa 2.2.5.

Asettelijat asettelevat releet pääosin kuvauksen perusteella. Kuvaus näkyy asettelunäytön alareunassa cursorin ollessa kyseisen asettelun kohdalla. Kuvaus kertoo, millaisia arvoja toiminta-arvon parametrille kannattaa laittaa missäkin tilanteessa. Kuvauksia on kehitelty REST:n käyttöä ajan, joten ne kattavat kaikki verkossa tulleet normaali- ja erikoistilanteet. Jos aseteltavaa toiminta-arvoa joudutaan vaihtamaan oletetusta, tästä on kirjattu tieto kuvauskenttään, jotta tiedetään miten vastaavassa tilanteessa tulee seuraavalla kerralla toimia [7]. Näin REST on saatu asettelijaystävälliseksi irrottamalla asettelija asettelukytkimistä, jotka vaihtuvat relevalmistajista ja relemalleista riippuen.

2.2.5 Kaavat

REST:ssä käytetään kolmea erilaista kaavatyyppiä toiminta-arvojen ja asettelukytkimien välille:

- Suorat kaavat
- Modulaariset kaavat
- Ohjelman sisäiset kaavat

Suorat kaavat ovat helpoimpia toteuttaa. Suorissa kaavoissa käytetään yhtä kaavaa ja kaava antaa lopputulokseksi yhden ainoan parametrin arvon. Suorat kaavat ovat lueteltuna toiminta-arvojen vieressä, kuten havaitaan kuvasta 2.5. Kuvan kaavat toimivat asettelukytkimistä toiminta-arvoihin päin. Ohjelman sisällä on myös kaavat toiseen suuntaan, mutta ne eivät näy käyttöliittymällä [3]. Käyttäjä syöttää laskukaavakenttään suorat kaavat asettelukytkimistä toiminta-arvoihin päin, piilotetut kaavat ohjelman sisällä muuttuvat samalla toiminta-arvoista asettelukytkimiin päin. Kaavoissa käytetään taulukon 2.1 mukaisia merkintöjä.

Taulukko 2.1 ELNET-kaavojen merkinnät [2].

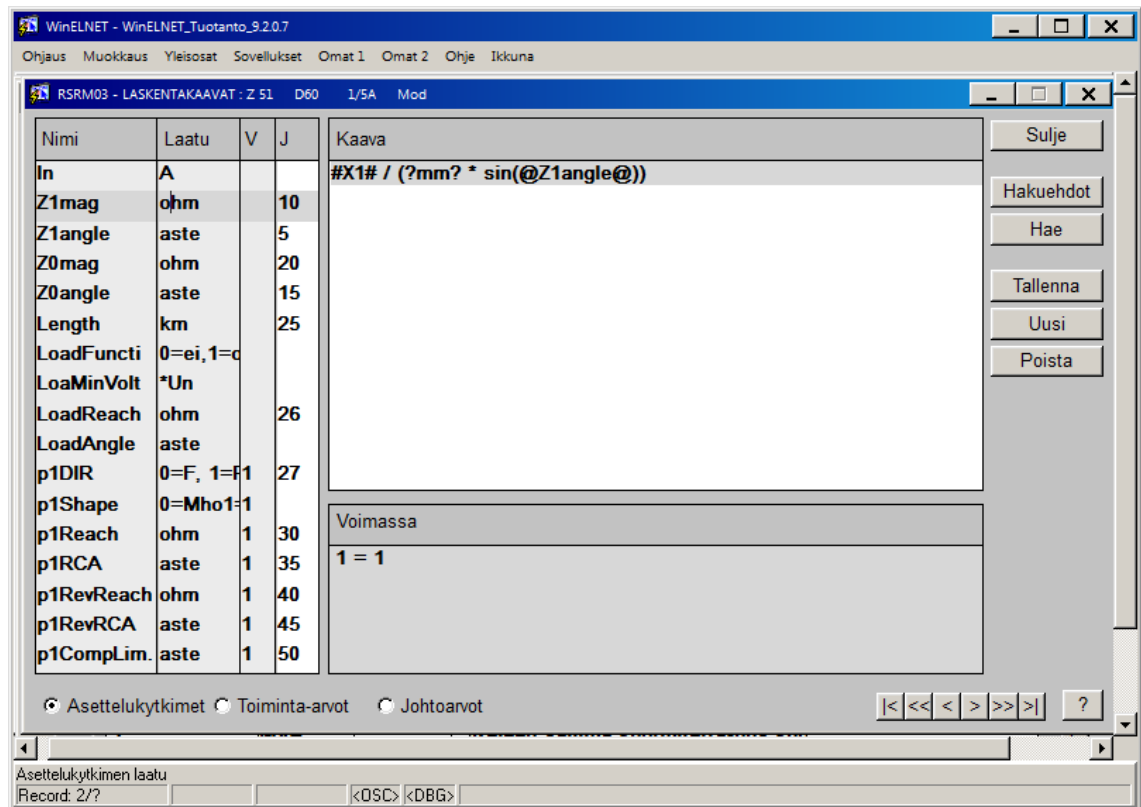
| Perinteiset | | Erikoiset | |
|---|---|-----------------------|------|
| Summaus | + | Asettelukytkin | @ |
| Vähennys | - | Toiminta-arvo | # |
| Kertominen | * | Johtoarvo | \$ |
| Jakaminen | / | Vakiokulma (asteina): | £ |
| Trigonometri- set | | Muuntosuhde | ?mm? |
| | | Virtamuuntosuhde | ?vm? |
| | | Jännitemuuntosuhde | ?jm? |
| | | Määrittelmätön arvo | null |
| | | Yhtäsuuruus | == |
| Muut merkinnät | | | |
| * kaavan edessä -> ohjelma lasekee kaavan mukaan | | | |
| : kaavan edessä -> ohjelman sisällä oikea skripti (viitteellinen) | | | |

Ohjelma laskee esimerkiksi muuntosuhteen ottamalla huomioon releeseen liitetyn jännitemuuntajan sekä virtamuuntajan, joiden avulla muuntosuhdekerroin mm lasketaan kaavalla:

$$mm = \frac{\frac{U_{1n}}{U_{2n}}}{\frac{I_{1n}}{I_{2n}}}, \quad (2.1)$$

jossa U_{1n} on jännitemuuntajan ensiöjännite, U_{2n} on jännitemuuntajan toisiojännite, I_{1n} on virtamuuntajan ensiövirta ja I_{2n} on virtamuuntajan toisiovirta. Muuntosuhdekerroin kertoo, kuinka ensiöarvon saa laskettua toisioarvosta ja toisioarvon ensiöarvosta. Esimerkiksi muuntosuhdekertoimen ollessa 1,33 tarkoittaa 1Ω :n toisioimpedanssi $1,33 \Omega$:n ensiöimpedanssia.

Modulaariset kaavat ovat kaavoja, jotka laskevat parametrit oikeassa laskujärjestyksessä. Käytännössä järjestyksessä ensimmäistä kaavaa tarvitaan, jotta seuraava parametri voidaan laskea toisesta kaavasta. Modulaariset kaavat käyttäjä joutuu syöttämään molempiin suuntiin niin toiminta-arvoista asettelukytkimiin kuin asettelukytkimistä toiminta-arvoihin [3]. Tämä on toteutettu REST-järjestelmään kuvan 2.6 mukaisella tavalla.



Kuva 2.6 Modulaariset kaavat [5].

Kuvassa 2.6 on valittuna asettelukytkin-sivu, jossa määritellään, miten valittu asettelukytkimen rivi lasketaan toiminta-arvoista. Kaavat toiseen suuntaan toiminta-arvoista asettelukytkimiin syötetään toiminta-arvot-välilehdeltä.

Kuvassa 2.6 sarakkeet vasemmalta oikealle ovat parametrin nimi, yksikkö, vyöhyke ja järjestys. Järjestys kuvastaa, missä järjestyksessä kyseiset kaavat tulee laskea, jotta jokaiselle parametrille saadaan haluttu arvo. Jos järjestysnumeroa ei ole näkyvillä, niin kyseessä on suorakaava, joka on syötetty toiminta-arvotaulukon laskukaavakenttään. Esimerkkinä järjestyksestä näkyy yllä olevassa kuvassa kaava parametrille *Z1mag*, jonka järjestysnumero on 10. Tämä tarkoittaa, että kaavan järjestysnumero 5 (*Z1angle*) on laskettava ennen kyseistä parametria. *Z1mag*:in kaava sisältää *Z1angle*:n arvon, joten sen parametri on laskettava etukäteen. Sama pätee myös järjestyksessä seuraavina oleville laskentakaavoille.

Ohjelmoitavat kaavat ovat haasteellisimpia, koska ne ovat kovakoodattuina ELNET-järjestelmän kantaan. Kaavat sisältävät ohjelmafunktoita, kuten if- ja while-komentoja, tämän vuoksi niitä ei ole kyetty rakentamaan suorilla kaavoilla. Esimerkiksi Quadramho releen asettelukytkimien laskentaan on jouduttu käyttämään ohjelmointia ja kyseinen skripti löytyy liitteestä 3. Modulaarisilla kaavoilla ohjelmoitavat kaavat olisi voitu toteuttaa, mutta modulaariset kaavat eivät olleet vielä käytettävissä, kun vanhoja releitä otettiin käyttöön [3]. Nykyiset releet ovat toteutettu pelkästään modulaarisilla ja suorilla kaavoilla.

2.2.6 Ohjelmakytkimet ja ohjelmat

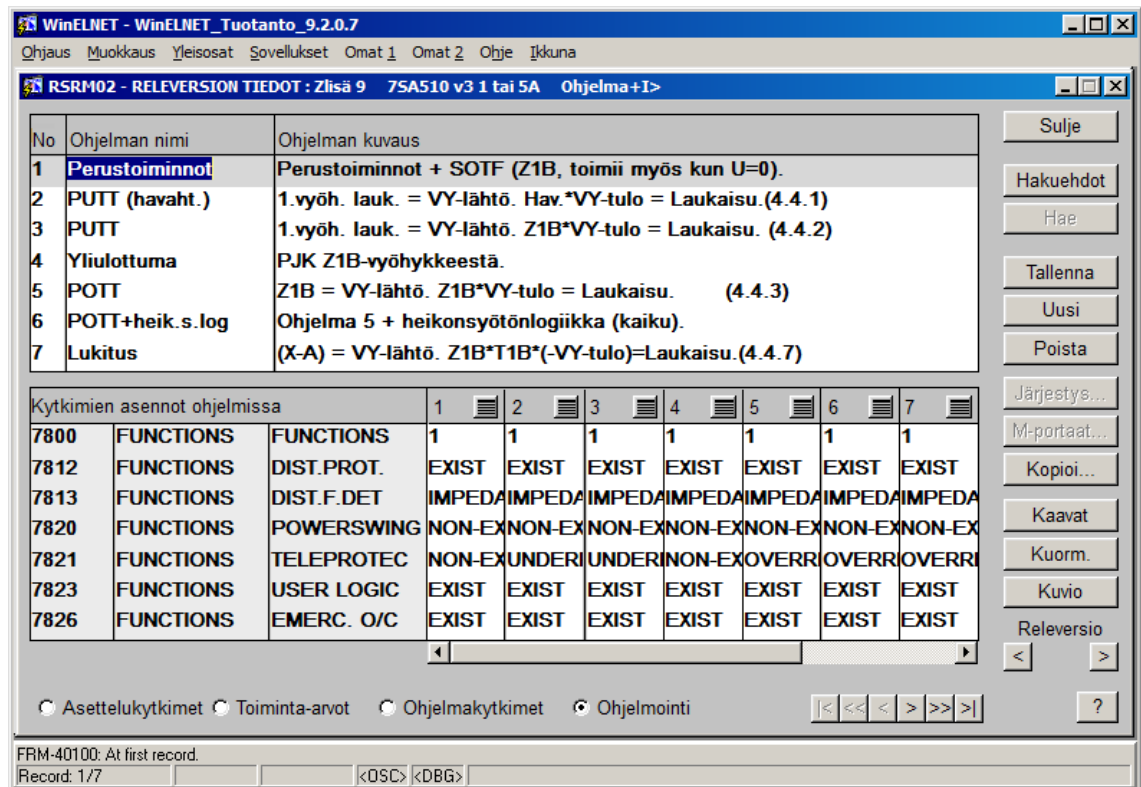
Kaikki oikeaan releeseen syötettävät parametrit ovat ohjelmakytkimiä tai asettelukytkimiä. Nämä on kerätty asettelukytkimiksi ja loput ohjelmakytkimiksi. Ohjelmakytkin on releessä oleva kytkin vanhojen mekaanisten ja sähkömekaanisten releiden osalta ja valmistaja ohjelmaan muokattava asetusarvo uusilla digitaalisilla releillä. Ohjelmakytkimillä muutetaan releen toiminnollisuutta varsinaisia asetteluja muuttamatta. Asian selventämiseksi taulukkoon 2.2 on kerätty muutama ohjelmakytkimen asento ja näiden vaikutus releen toimintaan:

Taulukko 2.2 7SA510 releen distanssitoiminnon ohjelmakytkimet [5].

| Ohjelmakytkin | Asento | Asennon vaikutus |
|-----------------------------------|-----------------------|--|
| 7812 FUNCTIONS DIST.PROT | EXIST | Distanssisuojaus on käytössä |
| | NON-EXIST | Distanssisuojaus ei ole käytössä |
| 1101 POWERSYST. CT STARPNT | TOWARDS LINE | VM-tähtipiste on johdon puolella |
| | TOWARDS BUS | VM-tähtipiste on kiskon puolella |
| 7813 FUNCTIONS DIST.F.DET | OVERCURRENT | Ylivirtahavahtuminen. |
| | IMPEDANCE ZONE | Impedanssihavahtuminen |
| | U/I DAULT DET. | U/I-havahtuminen |
| 7821 FUNCTIONS TELEPROTEC | NON-EXIST | Viestiyhteystoiminto ei ole käytössä |
| | UNDERREACH | Viestiyhteystoiminto on aliulottuva (PUTT) |
| | OVERREACH | Viestiyhteystoiminto on yliulottuva (POTT) |

Ohjelmakytkimet määrittävät, mitkä releen ominaisuudet ovat käytössä, ja kertovat releelle, mistä mittaukset otetaan releelle oikeasta taajuudesta ja virtamittauksen kohdasta lähtien. Tämän vuoksi ohjelmakytkimet ovat releen suojaustoiminnon kannalta tärkeitä.

Kytinkombinaatioilla eli usean ohjelmakytkiminen asennolla voidaan toteuttaa jokin releen ohjelmista. Ohjelma sisältää tällöin tiedon jokaisen ohjelmakytkimen asennosta. Tätä havainnollistaa kuva 2.7. 7SA510 releen distanssitoiminnon ohjelmat on jaettu seitsemään ohjelmaan, kuten kuvasta 2.7 voidaan havaita. Jokainen ohjelma sisältää samat ohjelmakytkimet eri kombinaatioilla. Yhdellä kerralla näytöllä näkyy 7 ohjelmaa. Ohjelmien maksimimäärä on 10 kappaletta.[5]



Kuva 2.7 7SA510 distanssitoiminnon releohjelmat [5].

Releen jokaisella toiminnolla on omat ohjelmansa. Jos releessä on 10 toimintoa, saadaan kombinaatioita 10×10 kappaletta. Yksittäisiä ohjelmakytкимиäkin on voitu muuttaa, jolloin kombinaatioiden määrä kasvaa. Distanssireletoimintojen osalta ohjelmat on jaoteltu viestiyhteyden perusteella sisältäen PUTT-, POTT- ja lukitusviestiyhteysvaihtoehtoja. Ohjelmien välillä voi olla eroa useamman ohjelmakytkimien asennon kohdalla tai vain yhden kytkimen osalta. Ohjelmat on luotu valmiiksi, jotta asettelija voi suoraan asettaa halutut ohjelmakytkinkombinaatiot ilman, että jokainen ohjelmakytkimien asento pitäisi yksitellen asettaa ohjelmaan [3].

Asettelijan asettellessa relettä hän asettelee ensin halutut toiminta-arvot, minkä jälkeen asettelija valitsee ohjelman, jolla rele saadaan toimimaan halutulla tavalla. Tämän jälkeen asettelija voi halutessaan muuttaa yhden tai useamman ohjelmakytkimien asentoa halutun ohjelman sisältä. Varsinaisesti ohjelmakytkimien asennon muutoksen suorittaa koestaja [3].

2.3 Sijaintien rakenne

REST-järjestelmän sijaintiedot lähtevät asematasosta, jonka alle rakentuvat jännitetasotain aseman suojauskohteet. Suojauskohteiden alle on rakennettu reletoiminnot asetteluineen. Rakenne sisältää myös johtoarvojen ja virta- ja jännitemuuntajien liitännät. Seuraavassa perehdytään REST-järjestelmän rakenteeseen tarkemmin.

2.3.1 Aseman suojauskohteet

Sijainnin valinta lähtee sähköaseman valitsemisesta, jonka jälkeen avautuvat asemansuojauskohteet. Suojauskohteet kuvastavat releiden suojausaluetta. Aseman suojauskohteita ovat voimajohto-, muuntaja-, generaattori-, kondensaattori-, reaktori-, kisko- ja kiskokatkaisijakentät, joista osa näkyy myös Hikiän aseman suojauskohteissa, kuvassa 2.8. Muita REST-järjestelmän suojauskohteita ovat säätö- ja viestilaitteet.

| Jp | Tyyppi | Tunnus | Kenttä | AsVastuu | VM | Releet |
|-----|------------|----------|-----------|----------|------|--------|
| 400 | Voimajohto | KA | AC03 | FINGRID | 1500 | 21 19 |
| 400 | Voimajohto | NJ | AC05 | FINGRID | 1500 | 21 9 |
| 400 | Voimajohto | ES | AC02 | FINGRID | 1500 | 21 15 |
| 400 | Voimajohto | FO | AC07 | FINGRID | 1500 | 21 17 |
| 400 | Muuntaja | T2 | AC06A | FINGRID | 1500 | 11 |
| 400 | Muuntaja | T1 | AC04B | FINGRID | 1500 | 11 |
| 400 | Kisko | HT | TALLENNIN | FINGRID | | 1 |
| 400 | Kisko | W1/W2 | | FINGRID | | 7 |
| 400 | Kisko | W KSR | | FINGRID | 1500 | 2 |
| 400 | Säätö | RE SÄÄTÖ | L1,L2 | FINGRID | | 6 |
| 110 | Voimajohto | VNJ E | AE12 | FINGRID | 1200 | 11 10 |
| 110 | Voimajohto | NJ | AE16 | FINGRID | 1200 | 10 6 |
| 110 | Voimajohto | MTS ASK | AE07 | VIER | 600 | 11 |
| 110 | Voimajohto | KRL NII | AE15 | VIER | 600 | 11 0 |
| 110 | Voimajohto | FO P | AE13 | FINGRID | 600 | 10 |

Kuva 2.8 Hikiän sähköaseman suojauskohteita [5].

Suojauskohteet ovat jänniteporrasjärjestyksessä lähtien 400 kV:sta ja päättyen apujännitteisiin aina 20 V:iin asti. *Tunnus*- ja *Kenttä*-sarakeet kertovat kohteen sijainnin ja aseman kiskosta lähtevän kentän numeron. *AsVastuu*-sarake on suojauskohteen asetteluvas- taava, *VM*-sarake kertoo kentän pääsuojareleen käyttämän ensiövirran ja viimeiset kaksi saraketta suojauskohteen reletoimintojen lukumäärän ja vasta-aseman reletoimintojen lu- kumäärän.

2.3.2 Suojauskohteen releet

Aseman kentän alla löytyvät kentän releet. Todelliset releet on jaoteltu toiminnoittain, jolloin asettelija asettelee toimintakohtaiset releet asettelukohteeseen, kuten kuvasta 2.9 voidaan havaita.

| Rele Laji | No | Rele versio Typpi | Jännitemittaus | | | Virtamittaus | | |
|-----------|----|----------------------|----------------|---|--------|--------------|---|-------|
| | | | Laite | K | kV / V | Laite | K | A / A |
| Z | 1 | 28 RE_670 1A tai 5A | 1 AC03T14 | 1 | 400 | 100 AC03AT11 | 2 | 1500 |
| Z | 2 | 41 7SA6/5 1/5A | 2 AC03T14 | 2 | 400 | 100 AC03AT11 | 3 | 1500 |
| Zlisä | 1 | 20 RE_670 1A tai 5A | 1 AC03T14 | 1 | 400 | 100 AC03AT11 | 2 | 1500 |
| Zlisä | 2 | 16 7SA6/5 1/5A | 2 AC03T14 | 2 | 400 | 100 AC03AT11 | 3 | 1500 |
| Q0/t | 1 | 2 REL670 1A tai 5A | 1 AC03T14 | 1 | 400 | 100 AC03AT11 | 2 | 1500 |
| Q0/P0 | 1 | 31 7SA6/5 1/5A | 2 AC03T14 | 2 | 400 | 100 AC03AT11 | 3 | 1500 |
| I0/t | 1 | 17 RE_615 | 3 | | | AC03AT11 | 2 | 1500 |
| (I2f) | 1 | 17 RE_615 | 3 | | | AC03AT11 | 2 | 1500 |
| (I2f) | 2 | 18 7SA6/5 Q0/P0 | 2 | | | AC03AT11 | 3 | 1500 |
| JK | 1 | 33 REC670 duplex | 4 | | | | | |
| tvalv | 1 | 27 RE_670 | 4 | | | | | |
| tvalv | 2 | 27 RE_670 | 4 | | | | | |
| KVR | 1 | 14 REB670 1/5A | 5 | | | AC03AT11 | 4 | 1500 |
| KVR | 2 | 21 REB670 CT-CB vika | 5 | | | AC03AT11 | 4 | 1500 |
| KVR | 3 | 14 REB670 1/5A | 6 | | | AC03BT11 | 4 | 1500 |
| KVR | 4 | 21 REB670 CT-CB vika | 6 | | | AC03BT11 | 4 | 1500 |

Kuva 2.9 Hikiä-Kangasala AC03 voimajohtokentän releet [5].

Kuvassa 2.9 *ReleLaji* kertoo kyseisen releen toiminnon, *Releversio* releen oikean mallin, *Y*-sarake näyttää, mitkä toiminnot kuuluvat fyysisesti samalle releelle, ja *K*-sarake puolestaan kertoo, mistä virtamuuntajan tai jännitemuuntajan mittauskäämistä mittausta otetaan kyseiselle toiminnolle. Kyseisestä kuvasta havaitaan, että johtokentällä on fyysisesti kuusi relettä, mutta toimintojen vuoksi rivejä on kuusitoista kappaletta.

2.3.3 Liitynnät

Liitynnöillä tässä työssä tarkoitetaan releasettelujen vaatimia liityntöjä, jotka ovat suojauskohteen muuntajat, virtamuuntajat, jännitemuuntajat, välivirtamuuntajat, välijännitemuuntajat, johtoarvot, kondensaattorit ja reaktorit. Liityntätiedot tulee viedä releelle asti, jotta rele kykenee tulkitsemaan verkossa tapahtuvia vikoja.

2.3.3.1 Johtoarvot

Johtoarvoja tarvitaan nimensä mukaisesti vain johtokentän releillä. Releen tarvitsemat johtoarvot on listattu taulukkoon 2.3.

Taulukko 2.3 Releen vaatimat johtoarvot [5].

| Johtoarvo | Selite |
|-----------|---|
| R1 | Johdon resistanssi |
| X1 | Johdon reaktanssi |
| R0 | Nollaresistanssi |
| X0 | Nollareaktanssi |
| RX0 | Vierekkäisten johtojen keskinäinen nollaresistanssi |
| XM0 | Vierekkäisten johtojen keskinäinen nollareaktanssi |
| L | Johdon pituus |

Taulukossa 2.3 on kuvattuna normaalin johdon resistanssi $R1$ ja reaktanssi $X1$, sekä johdon pituus L . Muut parametrit ovat nollaverkon arvoja, jotka kuvaavat maasulkuvikojen paluupiirin impedanssia [2].

Johtoarvojen lisääminen tapahtuu siten, että releasettelijan tulee ensin itse rakentaa johto tietokannassa olevista solmuväleistä, minkä jälkeen johtoarvot ja johtoarvojen muutokset tulevat voimajohtoverkon tietokannasta oikealle sijainnille [3]. Kuvassa 2.10 on luotu johtoväli Koria Yllikkälä -johdolle seitsemästä solmuvälistä. Solmuvälien johtoarvojen summat näkyvät kuvan alalaidassa.

RSSE02 - SUOJAUSKOHTTEEN OMINAISUUDET : KR 110 kV 04 - YL P

Runkosolmuvälit Summauksen päivämäärä 08.08.2015

| Solmu 1 | Solmu 2 | Jp | Vp | R1 / Ω | X1 / Ω | R0 / Ω | X0 / Ω | XM0 / Ω | l/km |
|---------------|---------|-----|----|---------------|---------------|---------------|---------------|----------------|-------|
| KRIT | VHTPO | 110 | 1 | .89 | 3.00 | 2.53 | 6.78 | 3.11 | 7.65 |
| VHTPO | SYDPO | 110 | 1 | .49 | 1.68 | 1.39 | 3.74 | 1.71 | 4.21 |
| SYDPO | HKKPO | 110 | 1 | .80 | 2.67 | 2.24 | 6.00 | 2.75 | 6.74 |
| HKKPO | KPNPO | 110 | 1 | 1.18 | 3.95 | 3.12 | 8.39 | 3.84 | 9.45 |
| KPNPO | UROPO | 110 | 1 | 3.55 | 11.89 | 10.10 | 27.30 | 12.45 | 30.58 |
| UROPO | JURPO | 110 | 1 | .76 | 2.53 | 2.10 | 5.76 | 2.70 | 6.49 |
| YL | JURPO | 110 | 1 | 1.95 | 6.52 | 5.41 | 14.79 | 6.84 | 16.49 |
| PS Σ | | | | 9.62 | 32.24 | 26.89 | 72.76 | 33.40 | 81.62 |
| REST Σ | | | | 9.62 | 32.24 | 26.89 | 72.76 | 33.40 | |

S / MVA 110.00

| R1 / ohm | X1 / ohm | R0 / ohm | X0 / ohm | XM0 / ohm |
|----------|----------|----------|----------|-----------|
| 9.62 | 32.24 | 26.89 | 72.76 | 33.40 |

Sulje Hakuohdot Hae Tallenna Uusi Poista Solmuväli...

< << > >> >

Kuva 2.10 Johtoväli Koria-Yllikkälä voimajohto rakennettu seitsemästä solmuvälistä [5].

Johtoarvojen päivityksestä vastaavat verkostolaskijat. REST-järjestelmä kykenee käyttäjän aloitteesta päivittämään kyseiset muutokset releiden kenttäsjainneille, jolloin releitä aseteltaessa tarvitsee itse syöttää vain johdon pituus. Pituuttakaan ei tarvitse välttämättä syöttää, jos tietokannassa on kyseisten solmuvälien pituudet. Johtoarvojen muutoksista tulee asettelijalle automaattiraportti, jonka avulla asettelija osaa vaihtaa asettelut kyseiselle johdolle.[5]

2.3.3.2 Suojauskohteen muuntajat

Suojauskohteen muuntajilla tarkoitetaan suurmuuntajia, jotka vaihtavat verkon jännitteet sopivaksi eri jännitteisten verkkojen välillä sekä verkon ja generaattorin välillä. Taulukossa 2.4 on nimettyä releiden tarvitsemat suurmuuntajan parametrit.

Taulukko 2.4 Releen tarvitsemat muuntajakentän muuntajatiedot [5].

| Suurmuuntaja | Selite |
|--------------|--------------------------------|
| Zk12/% | Muuntajan oikosulkuimpedanssi |
| UN1/kV | Ensiökäämin nimellisjännite |
| UN2/kV | Toisiökäämin nimellisjännite |
| UN3/kV | Tertiäräkäämin nimellisjännite |

Asetteluiden vaativat muuntajan parametrit ovat oikosulkuimpedanssi ja sen lisäksi muuntajan käämien jännitteet. Asettelulaskija ei saa suurmuuntajien muutoksista automaattista raporttia sähköpostiinsa, vaan hän joutuu etsimään tiedon muista lähteistä. Suurmuuntajatiedot asettelija syöttää manuaalisesti suojauskohteeseen.[3]

2.3.3.3 Virtamuuntajat ja jännitemuuntajat

Virtamuuntajien ja jännitemuuntajien liitännät voidaan jakaa kolmeen osaan: releisiin liitettäviin virta- ja jännitemuuntajiin sekä välivirtamuuntajiin ja välijännitemuuntajiin.

Releisiin liitettäviltä muuntajilta rele tarvitsee jännitemuuntajalta ensiö- ja toisiojännitteen sekä virtamuuntajalta ensiö- ja toisiovirran riippuen siitä, käyttääkö rele kyseistä suuretta suojaustoiminnoissaan. Kaikki releet mittaavat toisioarvoja ja asettelutkin tehdään pääosin toisioarvoina, mutta esimerkiksi ABB:lla on muutamia reletyyppejä, joissa asettelut tehdään ensiöarvoina [5].

Joissain tapauksissa kuitenkin tarvitaan välimittamuuntajaa. Välimittamuuntajan tarkoitus on muuntaa toisioarvo releen haluamaan suuruuteen. Esimerkki välivirtamuuntajan tarvitsemisesta on tilanne, jossa normaali virtamuuntajan toisiovirta on 1 A, mutta rele tarvitsee 5A:n virran. Tällöin joudutaan käyttämään välivirtamuuntajaa, jonka muuntosuhde on 1A/5A, jolloin releelle saadaan oikea virta. Välivirtamuuntajaa voidaan tarvita myös sen takia, että releen asetteluherkkyys ei ole riittävä. Asetteluherkkyyttä kasvatetaan suurentamalla toisiovirtaa, jolloin muuntosuhteen 1500/1 A, muutos 1500/5 A:in mahdollistaa primääri arvon asettelun 5-kertaa herkemmäksi. Esimerkiksi toisioarvolla 0,1 A saadaan aseteltua 1500/1 A muuntosuhteella pienimmäksi primääripiirin virta-arvoksi 150 A, kun 1500/5 A muuntosuhteella päästään 30 A herkkyyteen. Nykyisillä releillä välimittamuuntajia tarvitaan erittäin harvoin. Välijännitemuuntajaa tarvitaan kuitenkin vielä vanhoilla 400 kV sähköasemilla, joissa jännitemuuntajan toisio on 200 V, mutta nykyisten releiden vaatima toisiojännite onkin 100 V [3].

2.3.3.4 Reaktorit ja kondensaattorit

Reaktorit ja kondensaattorit ovat myös tärkeä osa kantaverkkoa. Molempia käytetään kantaverkon loistehon ja jännitetason säätöön. Reaktorin tarkoituksena on kuluttaa verkon loistehoa ja kondensaattorit tuottavat verkkoon loistehoa. Asettelijat tarvitsevat reaktoreiden ja kondensaattorien nimellisen loistehon asettellessaan releitä reaktori- ja kondensaattorikenttiin [5].

2.4 Releiden asettelut

Releet asetellaan toimintakohtaisesti oikeaan suojauskohteeseen. ELNET-järjestelmän releeseen tulee asettaa toiminta-arvot ja haluttu ohjelmakytkinten ohjelma.

2.4.1 Toiminta-arvot

Toiminta-arvot annetaan aina ensiöarvoina, koska kyseiset arvot havainnollistavat paremmin verkon toimintaa eivätkä arvot ole riippuvaisia paikallisten mittamuuntajien muuntosuhteista.

Kuvassa 2.11 on ylivirtatoiminnon toiminta-arvoparametrit, joita on RE_615 releellä kahdeksan kappaletta. Sarakkeista *Normaali E T* tarkoittavat normaalitilanteessa olevia asetuksia ensiö- ja toisioarvoilla.

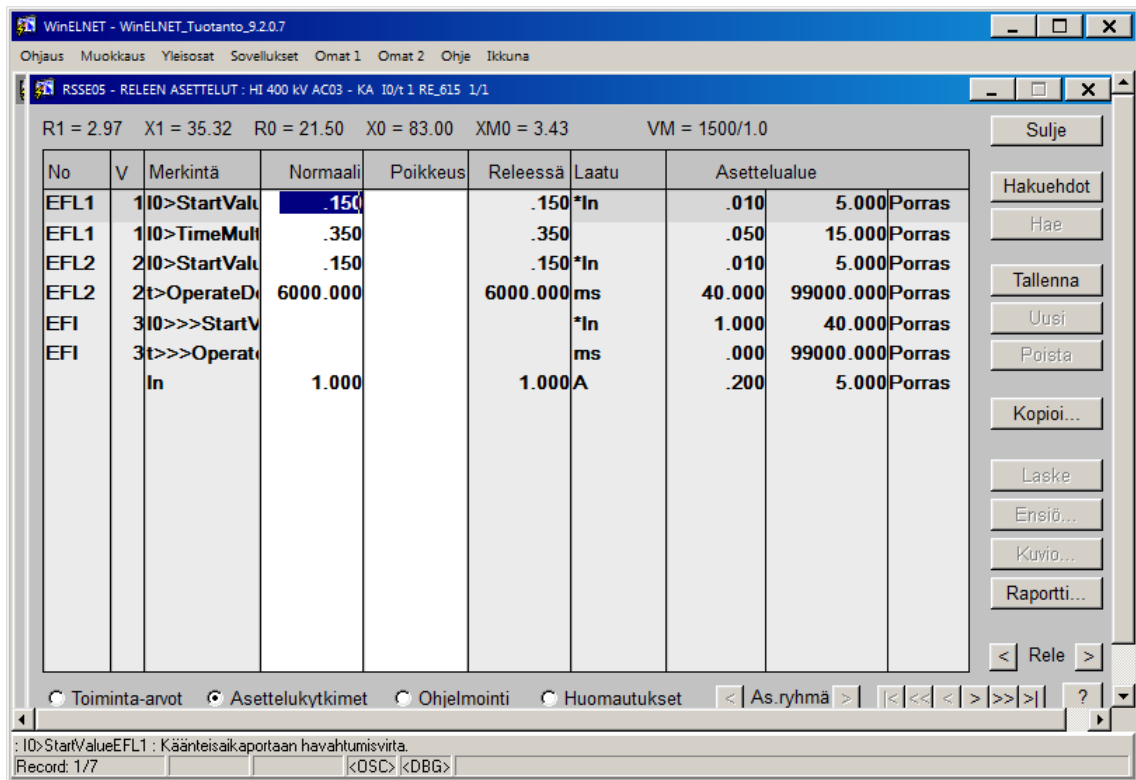
| Nimi | E Normaali T | E Poikkeus T | E Releessä T | V | E Laatu T |
|-------|--------------|--------------|--------------|------|-------------|
| In | 1500.00 | 1.00 | 1500.00 | 1.00 | A A |
| IO> | 225.00 | .15 | 225.00 | .15 | 1A A |
| Käyrä | 3.00 | | 3.00 | | 11=E,2=V3=N |
| k | .35 | .35 | .35 | .35 | 1s s |
| IO>> | 225.00 | .15 | 225.00 | .15 | 2A A |
| t>> | 6.00 | 6.00 | 6.00 | 6.00 | 2s s |
| IO>>> | | | | | 3A A |
| t>>> | | | | | 3s s |

Kuva 2.11 Voimajohtokentän ylivirtatoiminnolle asetellut toiminta-arvot [5].

Kuvan 2.11 *Poikkeustilanne*-sarakkeeseen tulevat tilanteet, jotka voivat olla hetkellisesti voimassa esimerkiksi poikkeuksellisesta verkon kytkentätilanteesta johtuen. *Releessä*-sarakkeessa ovat releessä oikeasti olevat asettelut, jotka on asettelukytkimistä käännetty toiminta-arvoiksi. Muita asetteluille tarpeellisia tietoja on kuvan yläosassa, jossa näkyvät kyseisen johdon johtoarvot ja virtamuuntajan muuntosuhde.

2.4.2 Asettelukytkimet

Asettelukytkimet on laskettu toiminta-arvoista kaavojen avulla. Asettelukytkinten arvot voivat olla toisioarvoja, suhteellisarvoja ja harvoilla releillä primääriarvoja [5]. Usein kuitenkin toisioarvoja, koska releet on kytketty toisiopiiriin. Kyseiset asettelukytkinten arvot koestaja käy asemalla asettamassa haluttuun arvoon. REST-järjestelmä aiheuttaa haasteita koestajan näkökulmasta, koska toimintokohtainen asettelu muodostaa asettelukytkin puolelle päällekkäisyyksiä, jolloin saman asettelukytkimen arvo löytyy usealta toiminnolta. Koestajilta vaaditaan suurta tarkkuutta, kun asettelukytkinten arvoja aletaan syöttää releelle. Asettelukytkimien asettelut asetellaan kuvan 2.12 mukaiseen näkymään.



Kuva 2.12 Asettelukytkimien asettelu Hikiä-Kangasala, johtokentän käänteisaikaisellenollavirtatoiminnolle [5].

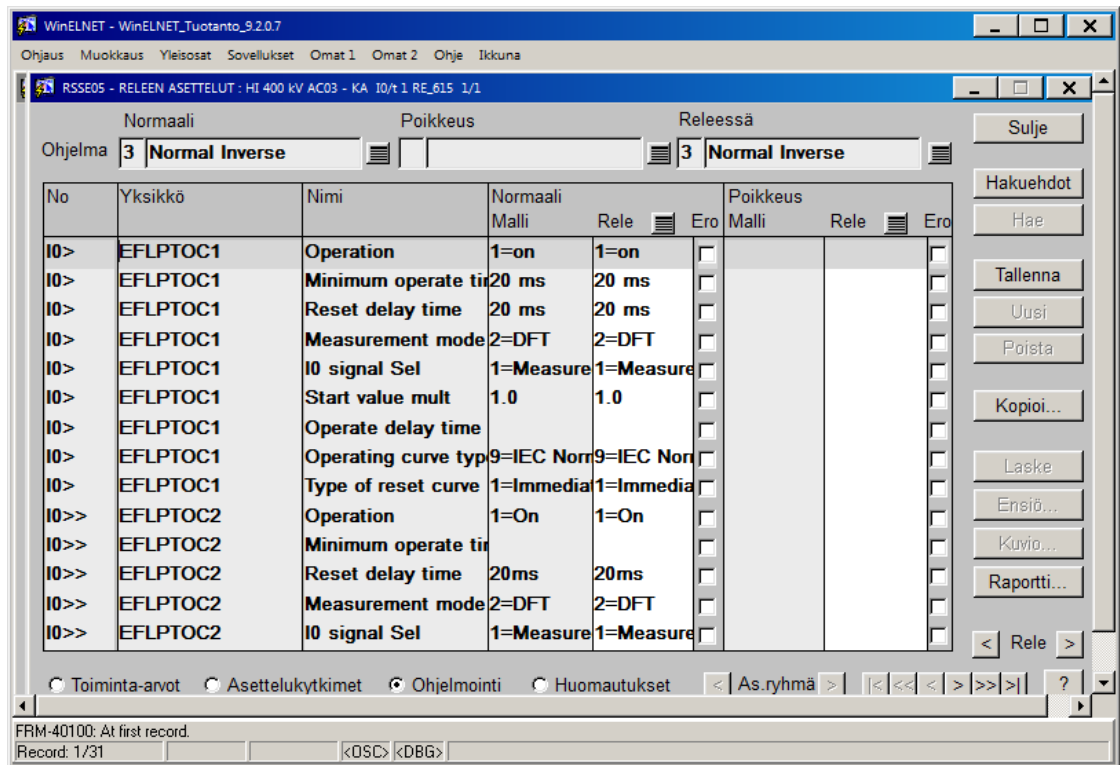
Kuvasta 2.12 nähdään, että asettelukytkintaulukko sisältää normaalitilan, poikkeustilan ja releessä olevat asettelukytkinten arvot. Yläpalkissa nähdään nollavirtatoiminnon asetteluun tarvittavat suojattavan johdon johtoarvot ja virtamuuntajan muuntosuhde.

2.4.3 Ohjelmakytkimien ohjelmat

Kuten kappaleessa 2.2.6 mainittiin, ohjelmat ovat ohjelmakytkinten erilaisia kombinaatioita. Asetteliija valitsee jokaiselle toiminnolle halutun ohjelman, joka muodostaa ohjelmakytkinten kombinaatiomallin, kuten kuvassa 2.13 voidaan havaita. Kombinaatiomalli pitää sisällään jokaiselle tarvittavalle ohjelmakytkimelle arvon. Kuvassa näkyy RE_615 käänteisaikavirtareleen ensimmäiset 14 ohjelmakytkimen arvoa kombinaatiomallille *Normal Inverse*.

Ohjelmakytkimet sisältävät suojauskohteen kannalta tärkeitä parametreja, ja ne on sovitettu käytössä olevan releen logiikkaan kyseisessä suojaustehtävässä [3]. Ohjelmakytkimet eroavat asettelukytkimistä siinä, että ohjelmakytkimille on annettu vakioparametrit arvot eikä niitä asettelijoiden toimesta haluta vaihtaa. Esimerkkejä tärkeästä parametrasta ovat jännitteenpiirin katkoksenvalvojan jänniterajojen asettelut, joita pidetään vakioarvoisina, ja sen vuoksi ne löytyvät asettelukytkinten sijaan ohjelmakytkimien puolelta, vaikka asettelu on erittäin tärkeä jännitteenpiirin katkoksenvalvojan toiminnalle [5]. Jännitteenpiirin katkoksenvalvojan toiminta on kuvattuna kappaleessa 3.2.3.3.

Kuvassa 2.13. näkyvät ohjelmakytkinten asennot, jotka ohjelma 3 *Normal Inverse* pitää sisällään. Normaalitilan kahden sarakkeen näytöllä *Malli*-sarakkeessa on kyseisen releohjelman malli, joka on luotu REST-tietokantaan. Viereiseen *Rele*-sarakkeeseen tulee releen todellisuudessa laitettava ohjelmakytkinten arvot. Mikäli asetteliija on päättänyt muuttaa relesarakkeeseen normaalia mallia siksi, että se ei sovellu kyseiseen suojauskohteeseen, muodostuu *Ero*-sarakkeeseen rasti havainnollistamaan poikkeavaa ohjelmakytkimen arvoa.



Kuva 2.13 Hikiä-Kangasala johtovälin käänteisaikaisen nollavirtatoiminnon ohjelmakytkinten asennot [5].

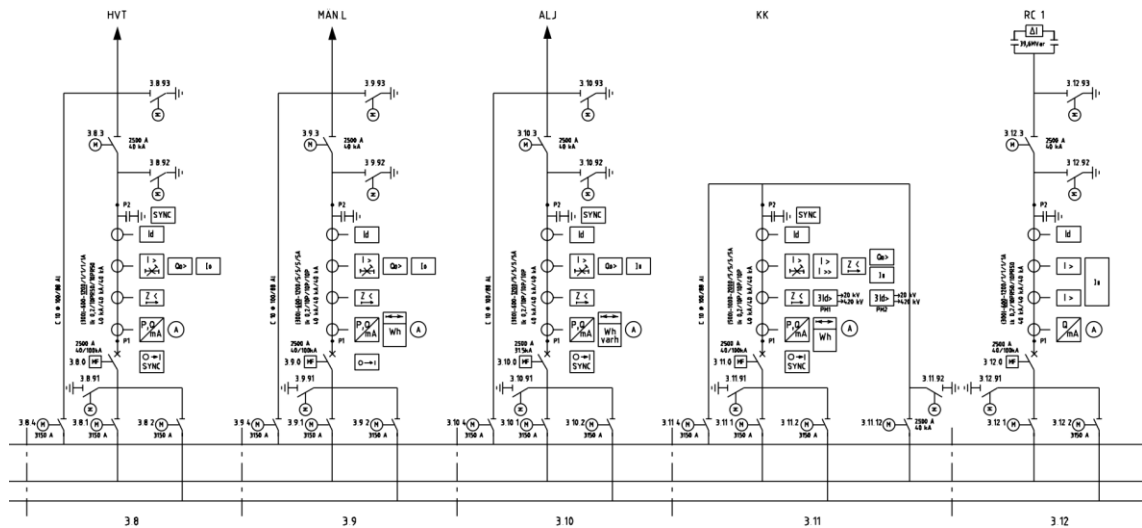
Ongelmana kyseisessä ohjelmien rakenteessa on tyhjät rivit, kuten kuvan 2.13 parametrit *Operate delay time* ja *Minimum operate time*. Rele vaatii kyseisten ohjelmakytkimien asentotiedot laitteeseen. Tällöin tyhjä rivi ei anna koestajalle varmaa tietoa siitä, mitä kyseisen kytkimen kohdalle tulisi releeseen asettaa. Usein releillä tyhjä tarkoittaa ääretöntä tai releeseen valmistajan laittamaa oletusarvoa. Tähän asti ongelmassa on menty periaatteella, että relettä käyttöönotettaessa on tehty releelle perusteellinen käyttöönottestaus, jonka jälkeen asettelut on siirretty releestä REST-järjestelmän tietokantaan jonka seurauksena tyhjät rivit täyttyvät. Tämän jälkeen asettelumuutoksissa ei kosketa alun perin tyhjiin riveihin. Jos suojausperiaatetta muutetaan, on tehtävä käyttöönottestaus. Toisin sanoen, koestajan ei tulisi miettiä tyhjiä rivejä. Kuitenkin kyseinen tyhjä rivi voi olla toisen toiminnon ohjelmakytkimessä aseteltuna, jolloin koestajan tulee olla tarkkana koestuksia tehdessään. Uudessa järjestelmässä koestaja voi ladata uusien digitaalisten releiden tapauksessa releen asettelutiedoston ja ladata asettelut suoraan releelle tiedoston avulla, jolloin ongelma jää vain mekaanisille ja sähkömekaanisille releille. Kyseisten releiden ongelma katoaa normaalin poistuman myötä [8].

2.4.4 Asetteluryhmät

Asetteluryhmistä puhutaan kiskokatkaisijakentän tapauksessa, kun johto-, muuntaja- reaktori tai kondensaattorikentälle halutaan muodostaa varasuojus. Kiskokatkaisijakentän tehtävänä on muodostaa korvauskenttä, jos kenttälähdössä sattuu vika, joka vaatii kenttälähdön erottamisen. Riippuen sähköaseman lähtöjen määrästä, voisi kiskokatkaisijakenttä joutua korvaamaan yli kymmentä erilaista kenttälähtöä, mikä vaatisi releiltä vähintään

kymmenet erilaiset asettelut. Todellisuudessa uusimmat digitaaliset releet kykenevät kuuteen erilaiseen asetteluun, jolloin kiskokatkaisijankentän releet eivät kykene korvaamaan jokaista kenttää täydellisesti yli kuuden kentän asemilla. Ongelmaa on Suomen kantaverkossa hoidettu releiden asetteluryhmillä. Suomen kantaverkossa releillä käytetään kiskokatkaisijakentillä neljää asetteluryhmää. Esimerkiksi yksi asetteluryhmä voi korvata pitkät johtokentät, toinen asetteluryhmä muuntajakentät, kolmas keskipitkät johdot ja viimeinen lyhyet johtopituuden omaavat johtokentät. Tällöin kiskokatkaisijakentän releet vaativat neljät erilaiset asettelut. Jotta asetteluryhmäperiaatteen ymmärtäisi paremmin, on alla esimerkki Kangasalan kiskokatkaisijakentän asetteluryhmistä.

Kuvasta 2.14 että 3.11 kiskokatkaisijankentän KK releiden tulee kyetä suojaamaan johtolähdöt 3.8 Hervanta HVT, Mäntsälä läntinen 3.9 MÄN L ja 3.10 Alajärvi ALJ. 3.12 RC1-kondensaattorikentälle ei tässä ole tehty ryhmää, kentässä ei ole ohitus-erotinta, joten asetteluja ei ole tarvinnut toteuttaa tälle kentälle.



Kuva 2.14 Kangasalan aseman pääkavio 110 kV:lta 2PK+1AK asemalta [9].

Kangasalla on 12 kenttää (liite 4), joille asetteluryhmät kiskokatkaisijakentän releille on jaettu taulukon 2.5 mukaisesti. Kenttiä on 12, minkä vuoksi kiskokatkaisijakentän releille ei saada aseteltua täydellisiä asetteluja. Kuvaan 2.15 on lisätty kyseisen kiskokatkaisijakentän ensimmäinen asetteluryhmän näkymä REST-järjestelmässä. Asetteluryhmän asetteluihin pääsee käsiksi toiminta-arvot, asettelukytkimet ja ohjelmointi välilehdiltä. Huomioitavaa on, että kiskokatkaisijakentän releet toimivat vain korvauskytkennän aikana. Ne eivät siis suojaa verkkoa normaalissa käyttötilanteessa.

Taulukko 2.5 Kangasalan kiskokatkaisijakentän releiden asetteluryhmät [5].

| Asetteluryhmä 1/4 | | | Asetteluryhmä 4/4 | | |
|-------------------|---------|------------------|---------------------|---------|---------------------|
| Tyyppi | Lyhenne | Kenttä | Tyyppi | Lyhenne | Kenttä |
| Voimajohto | ALJ | 3.10 Alasjärvi | Voimajohto | MÄN I | 3.1 Mäntäsälä Itä |
| Voimajohto | HVT | 3.8 Hervanta | Voimajohto | MÄN L | 3.9 Mäntäsälä Länsi |
| Voimajohto | NRI | 3.6 Nurmi | Asetteluryhmä 3/4 | | |
| Tyyppi | Lyhenne | Kenttä | Tyyppi | Lyhenne | Kenttä |
| Muuntaja | PM1 | 3.3 Päämuuntaja1 | Voimajohto | TKM A | 3.4 Tikinmaa |
| Muuntaja | PM2 | 3.5 Päämuuntaja2 | Voimajohto | HER | 3.2 Herttualala |
| Asetteluryhmä 2/4 | | | Ei asetteluryhmissä | | |
| Tyyppi | Lyhenne | Kenttä | | | |
| Voimajohto | MLS | 3.7 Multisilta | Kondensaattori | RC1 | Kond. kenttä 1 |

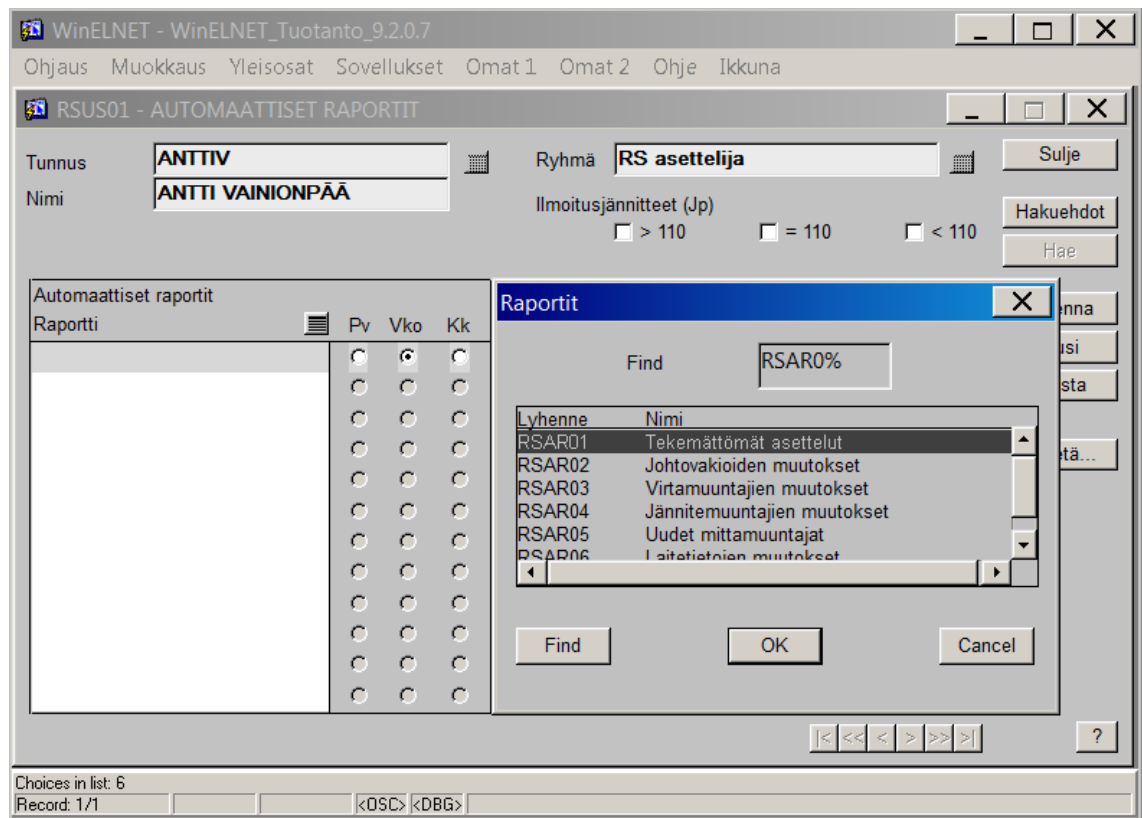
Kuva 2.15 Kangasalan kiskokatkaisijan 1/4-asetteluryhmä [5].

Taulukosta havaitaan kiskokatkaisijakentänreleiden neljä asetteluryhmää. Asetteluryhmät on valittu siten, että jokaisen kiskokatkaisijakentän releiden asettelu vastaisivat mahdollisimman paljon lähtökenttien omien releiden asetteluja. Koska asetteluryhmissä 2/4 on vain Multisillan johtolähtökenttä, saadaan kiskokatkaisijakentän releille täysin vastaavat asettelut kuin Multisillan oman johtolähtökentän releille. Näin ollen varasuojaukselle kentälle on yhtä hyvä kuin pääsuojaukselle.

2.5 Raportit

Raportit ovat tärkeä osa releasetteluiden hallintaa. Ennen asemalle lähtöä koestaja lataa ELNET-järjestelmästä kyseisen aseman releasettelut paperille, jonka avulla koestaja asettelee releeseen halutut asetteluarvot. Raportin tulee olla siis selkeä ja sisältää helposti ymmärrettävässä muodossa asettelumuutokset niin asettelukytkimistä kuin ohjelmakytkimistä. Seuraavassa perehdytään ELNET-järjestelmän raporttitulosteisiin.

Automaattiset raportit asettelumuutoksista, voimajohtojen, virta- ja jännitemuuntajien sekä välivirtamuuntajien muutoksista ovat tärkeä osa asettelujen pitämisestä ajantasaisina. Muutostilanteissa myös suojauskohteiden asetteluihin on tehtävä muutoksia. Tästä johtuen raportit tulevat automaattisesti asettelijoiden sähköpostiin [2]. Kuten kuvasta 2.16 havaitaan, asettelija voi valita, haluaako hän asettelumuutokset sähköpostiinsa



Kuva 2.16 Automaattiset raportit [5].

päivän, viikon vai kuukauden välein sähköpostiinsa. Tieto verkkotietojen muutoksesta tulee ennakkoon. Ennakko aika on "kovakoodattu" REST-järjestelmän tietokantaan, ja asettelija ei kykene muuttamaan sitä. Raportin jälkeen asettelija muuttaa asettelut ajantasaisiksi REST-järjestelmään, jotta virhelaukaisuja ei tapahtuisi. REST-järjestelmän automaattiraporteista puuttuvat muuntajan suojauskohteen muuntajatiedot, jotka asettelijan on selvitettävä manuaalisesti. Suojauskohteen muuntajatiedot tulisi myös saada uuteen järjestelmään automaattiseksi raportiksi.[3]

Tarkastellaan vielä asetteluiden raporttilistaa koestajalle sellaisen releen osalta, jossa on 53 sivua asetteluja. Sivujen määrästä johtuen tässä kappaleessa otetaan käsittelyyn vain raportin tärkeimpiä osia. Ensimmäinen osa raportissa on perusosa kuva 2.17, jossa on releen perustiedot. Kyseinen esimerkkitulostus on 400 kV:n Huutokoski Vihtavuori -voimajohdolta ja 7SA611 digitaalisesta distanssireleestä, johon on integroitu muutama muu-kin toiminto.

SUOJAUSKOHDE HUUTOKOSKI 400 kV kenttä 09 VIHTAVUORI voimajohto

| | | | | | | | | |
|---------------|--------|----------|------------|-------|----------|----------|---------|-----|
| R1 | 2.81 | Ω | R0 | 20.87 | Ω | S | 1247.00 | MVA |
| X1 | 33.47 | Ω | X0 | 76.63 | Ω | | | |
| Pituus | 101.86 | km | XM0 | | Ω | | | |

Huom! Asettelukytkimen arvon puuttuessa kyseinen toiminto on kytkettävä pois käytöstä. Epäselvissä tapauksissa ota yhteys asettelujen laskijaan.

RELE Z 1 7SA6/5 1/5A Y-numero: 1 V04.70.07 7SA6111-5AB22-0NA4/FF

| | |
|---------------------------|-----------|
| Relekaappi | RK109 |
| Kojetunnus | F1 |
| Jännitemuuntosuhde | 400 / 100 |
| Virtamuuntosuhde | 1500 / 1 |

Kuva 2.17 Raportin ensimmäinen osa, jossa on esittely suojauskohteen perustiedoista [5].

Seuraavaksi raporttiin tulostuu distanssitoiminnon asettelukytkimet ja ohjelmakytkimet kuva 2.18. Kuva on leikattu, sillä asettelukytkimiä on yhteensä yli 60 kappaletta ja ohjelmakytkimiä yli 30 kappaletta. Koestajat eivät siis hyödy asettelijoiden käyttämisestä ohjelmista ohjelmakytkimille, vaan koestaja joutuu käymään jokaisen ohjelmakytkimen rivin läpi ja asettelemaan sen kyseiseen releeseen. Kuten kuvasta havaitaan asetellut sisältävät myös paljon tyhjiä rivejä, joihin koestaja joutuu etsimään releen parametrin oletusarvon. Toinen mahdollisuus on, että tyhjä ohjelmakytkimen arvo löytyy myöhemmin raportista täytettynä esimerkiksi distanssireleen lisätoiminnot -sivulta

ASETTELUKYTKIMET : HUUTOKOSKI 400 kV 09 VH : Z 1 7SA6/5 1/5A

| No | Vyöhyke | Merkintä | Normaali | Poikkeus | Releessä | Laatu |
|--------|---------|------------|----------|----------|----------|-------|
| 1111/3 | | LineLength | 101.800 | | 101.800 | km |
| 1116 | | RE/RL(Z1) | 1.000 | | 1.000 | |
| 1117 | | XE/XL(Z1) | 0.430 | | 0.430 | |
| 1118 | | RE/RL(>Z1) | 1.000 | | 1.000 | |
| 1119 | | XE/XL(>Z1) | 0.430 | | 0.430 | |
| 1126 | | RM/RL | 0.000 | | 0.000 | |

OHJELMAKYTKINASENNOT : HUUTOKOSKI 400 kV 09 VH : Z 1 7SA6/5 1/5A

| No | Yksikkö | Kytkin | Normaali | Poikkeus |
|---------|------------------|-----------------|---------------|----------|
| 110 | Functional Scope | Trip mode | 3pole only | |
| 119 | Functional Scope | Iph>(Z1) | Enabled | |
| 120 | Functional Scope | Power Swing | | |
| 207 | P.System Data1 | SystemStarpoint | Solid Earthed | |
| 1136 | P.System Data2 | OpenPoleDetect. | OFF | |
| 15/1208 | Dis. General | SER-COMP. | | |
| 2102 | Teleprot. Dist. | Type Of Line | | |
| 3202 | Teleprot. E/F | Line Confia. | | |

Kuva 2.18 Raportti releen distanssitoiminnoista [5].

Seuraavaksi ovat vuorossa asettelukytkimet ja ohjelmakytkimet toiminnoille Zlisä (distanssin lisätoiminnot) ja Q0/P0 (suunnattu maasulkutoiminto). Asettelukytkimien ja ohjelmakytkimien kanssa tulee paljon päällekkäisyyksiä, sillä eri toiminto voi vaikuttaa samaan asettelu- tai ohjelmakytkimeen, jolloin kyseinen parametri voidaan mainita useasti raportissa. REST-järjestelmän toimintopohjaisuuteen on hankala luoda raporttia, joka yhdenmukaistaisi useaan toimintoon sisältyvät asettelu- ja ohjelmakytkimet. Raportin puutteellisuuden vuoksi relekoestaja joutuu releiden kytkimiä asettellessaan tarkastamaan tietoa useasta paikasta.

2.6 Järjestelmät vahvuudet ja heikkoudet

REST-järjestelmää on kehitetty monta vuotta asettelijaystävällisemmäksi, sen vuoksi järjestelmän suurimmat vahvuudet sisältyvät asettelujen toteutukseen. Käyttöliittymä on erinomainen, sillä REST:ssä pystyy tarkastelemaan kymmeniä ikkunoita samanaikaisesti yhden ohjelman sisällä. Järjestelmästä löytyy kuitenkin myös muutamia heikkouksia.

Toimintojen ja toiminta-arvojen luonti järjestelmään mahdollistaa eri valmistajien releiden parametrien vertailun esimerkiksi tilanteissa, joissa kaksi eri valmistajan pääsuojarelettä suojaa samaa kohdetta. Tällöin on suuri hyöty saada releet vastaamaan toisiaan, jolloin varasuojana toimiva toinen pääsuoja saadaan yhdenmukaiseksi ensimmäisen kanssa. Toimintokohtainen asettelu tekee myös releestä helpomman asetella asettelijan näkökulmasta, sillä releen toiminnollisuuksien pilkkominen toimintoihin helpottaa releen asettelujen ymmärtämistä. Samalla asettelija voi valita toiminnot suojattavalle suojauskohteelle releiden sijaan. Näin asettelut on helpompi hahmottaa.

Toimintokohtaisen järjestelmän huonot puolet liittyvät informaatiohakuun. Kun käyttäjä haluaa etsiä, missä päin Suomea on käytössä esimerkiksi kuormanerotus, niin tälle kyseiselle toiminnolle joutuu tekemään kokonaan uuden toiminnon, jotta haku onnistuisi. Toimintoja joudutaan tekemään kaikille informaatioille, jotka halutaan verkosta hakea. Tämä aiheuttaa turhien toimintojen lisäämistä järjestelmään. Informaatio tulee tietysti olla, mutta toiminnon tekeminen hämää asettelijaa, sillä usein toiminnon sisään rakennetaan myös koko releen rakenne toiminta-arvoista asettelukytkimiin.

Toinen toiminnollisuuden huono puoli on parametreissa, jotka ovat samat yhdelle releelle, mutta joudutaan erikseen lisäämään jokaiselle toiminnolle, jotta kaavat toiminta-arvoista asettelukytkimiin toimisivat. Tästä esimerkkinä on nimellisvirta, jota tarvitaan lähes jokaisen toiminnon yhteydessä. Toimintokohtaisuus kannattaa uudessa järjestelmässä säilyttää, mutta edelliset ongelmat tulisi karsia pois uuteen järjestelmään siirryttäessä.

Suurimpia ongelmia asettelijalle ovat ohjelmakytkinten asettelut. Asettelija ei tiedä miten ohjelmakytkimet tulisi asetella, sillä releen sisälle rakennetut logiikat eivät näy järjestelmässä. Kun asettelijan tulee valita esimerkiksi trip tai start, johonkin ohjelmoinnin aseteluun, niin on hankala saada järkevää mielipidettä, kun logiikat eivät näy järjestelmässä. Tämän vuoksi asettelijat eivät asettele ohjelmakytkimiä erikseen vaan valitsevat halutun ohjelmakytkinmallin. Nyt käyttöönotonyhteydessä tehdään testit, joiden perusteella rele luodaan ja ohjelmakytkimien ohjelmat saadaan oikein releelle ja REST-järjestelmään. Muutoksien tekeminen on vain hankalaa nykyisessä järjestelmässä. Ohjelmakytkimien muutokset järjestelmään tekee koestaja, koska vain koestaja näkee todelliset releen logiikoiden toiminnot relettä koestettaessa. Koestajan ahkeruudesta riippuu kuinka oikein ohjelmakytkimien muutokset ovat REST-järjestelmään laitettu. Ongelma ratkeaa uudessa IPS-järjestelmässä, koska koestaja voi ladata asettelutiedoston kokonaisuudessaan järjestelmään, jolloin ohjelmakytkimet saavat oikeat arvonsa.

REST:n kytkintasolla toiminta-arvot, asettelukytkimet ja ohjelmakytkimet on helppo löytää ja asetella, koska näkyvillä on kaikkien releen sisältämien tietojen sijaan vain tarvittavat parametrit. Samoin poikkeusasettelut näkyvät kätevästi samalla ruudulla, kuten kuvassa 2.11. Tämän lisäksi poikkeusasetteluille on oma poikkeuskirjoitusikkuna, josta nähdään helposti, milloin poikkeusasettelut otetaan käyttöön (kuva 2.15). Heikkoutena on, että järjestelmä ei motivoi asettelijaa ottamaan uusia asettelukytkimiä käyttöön, koska näkyvillä ovat vain käytössä olevat parametrit. Asettelijan tulisi erikseen tutkia manuaaleista, mitkä parametrit voisivat hyödyttää verkon toimintaa, ja sen vuoksi kehitystyö jää usein tekemättä ja muutoksia tulee vain välittömästä tarpeesta.

Koska järjestelmä on tehty asettelijaystävälliseksi, se ei ole helppokäyttöisin koestajan näkökulmasta. Ensimmäinen ongelma koestajalle tulee, kun hänen pitää syöttää todelliseen releeseen asettelut releohjelman (digitaaliset releet) tai kytkimien kääntämisen (sähkömekaaniset ja mekaaniset releet) avulla. Koestaja joutuu käymään läpi jokaisen REST:n toiminnon. Toimintojen sisällä on myös samojen asettelukytkimien ja ohjelmakytkimien arvoja ja kytkimet ovat erilaisessa järjestyksessä suhteessa todelliseen releeseen. Koestaja joutuu syöttämään jokaisen parametrin yksitellen käsin releohjelmaan tai releeseen. Työ on siis aikaa vievää ja hankalaa. Tarkistuskertoja tarvitaan muutama, jotta voidaan olla varmoja, että jokainen kytkin sisältää oikean arvon. Muita ongelmatilanteita aiheuttavat toiminnot, jotka voivat olla kahdessa erilaisessa releessä, mutta silti sijaita asemalla samassa kohteessa, kuten RE_670-toiminto. Tällöin koestajan pitää päätellä liittyvätkö parametrit releeseen REC670 vai REL670. Tilannetta on koetettu helpottaa kuvan 2.9 Y-tunnuksella, joka määrittää oikean releen, mutta virheitä voi sattua. Koestajalle ongelmallisia ovat myös tyhjän arvon sisältämät kytkimet ja kytkimet, jotka eivät löydy REST:stä, mutta ovat releessä. Koestajan tulee syöttää kyseisiin kenttiin default-arvot, mutta default-arvo vaihtelee kytkimestä riippuen. Usein default-arvoa kuvaa ∞ -merkki. Tilanne helpottuu, kun uudessa järjestelmässä voidaan luoda releen valmistajaohjelman

ymmärtämä tiedosto. Tiedosto pitää sisällään kyseisen releen kaikkien toimintojen asetelut.

Kokonaisuudessaan REST-ohjelma on erinomainen apuväline asettelijoille releiden aseteluun, muutamaa heikkoutta lukuun ottamatta. Heikkouksiakin kuitenkin löytyy, ja niitä tulisi kehittää uuteen järjestelmään siirryttäessä. Erityisesti turhia toimintoja tulisi karsia hakukenttiä parantamalla. Asettelijan kannalta tilanne ei saa silti huonontua uuteen järjestelmään siirryttäessä. Koestajien kannalta REST on ongelmallisempi ja uuden ohjelman tulisi olla kokonaisuudeltaan koestajaystävällisempi.

3 REL670 NYKYISESSÄ JÄRJESTELMÄSSÄ

REL670 on ABB:n valmistama uusin markkinoilla oleva digitaalinen johtodistanssirele. Rele on johtodistanssirele, joten tässä työssä perehdytään tarkemmin johtokenttien suojaukseen. REL670 sisältää nykyisestä relekannasta suurimman määrän ominaisuuksia ja toimintoja ja siksi tämä työ pohjautuu kyseisen releen siirtämiseen vanhasta reletietokantajärjestelmästä uuteen reletietokantajärjestelmään. Rele paloittellaan jokaisen toiminnon ja toiminta-arvon osalta, jotta releen ymmärtäminen ja rakentaminen uuteen järjestelmään olisi mahdollisimman helppoa. Työ tehdään haastavimmalle releelle, jotta muiden releiden mallinnus olisi tämän työn pohjalta helpompaa. Luvussa 3 käydään läpi, miten rele on mallinnettu vanhaan reletietokantajärjestelmään REST:iin.

3.1 Toiminnot

REL670 on jaoteltu REST:ssä 11 erilaiseen toimintoon, jotka on listattu alla olevaan taulukkoon 3.1. Releessä käytetään yhteensä 333:a asettelukytkintä ja 416:tta ohjelmakykintä.

Taulukko 3.1 REL-670 releen toiminnot [5].

| Relelaji | Numero | REL670 toiminnot REST:ssä | Asettelukytkimiä | Toiminta-arvoja | Ohjelmakykimiä | Ohjelmia |
|----------|--------|---|------------------|-----------------|----------------|----------|
| Z | 28 | Distanssirele | 87 | 46 | 79 | 4 |
| Z | 39 | Distanssirele sarjakompensoituun verkkoon | 135 | 54 | 59 | 4 |
| Z lisä | 20 | Distanssireleen lisätoiminnot | 31 | 33 | 84 | 7 |
| HS | 2 | Heilahtelusalpa (tehoheilahtelu) | 14 | 10 | 18 | 2 |
| Qo/t | 2 | Suunnattu käänteisaikahidasteinen lo-rele | 15 | 15 | 23 | 5 |
| Qo/Po | 44 | Suunnattu vakioaikahidasteinen lo-rele | 14 | 14 | 38 | 5 |
| Qo/Po | 47 | - - sammutettuun verkkoon | 12 | 12 | 22 | 1 |
| I2f | 10 | Kytkentävirtasalpa | 1 | 1 | 2 | 2 |
| JK | 7 | Jälleenkytkentä | 5 | 7 | 30 | 7 |
| tvalv | 27 | Tahdissaolonvalvoja | 10 | 10 | 30 | 4 |
| Ta | 13 | Tahdistin | 9 | 9 | 31 | 1 |
| | | Yhteensä | 333 | 211 | 416 | 42 |

Releen tarkastelu tehdään toiminta-arvoilla, joista asettelukytkimet lasketaan. Toiminta-arvot käsitellään toimintokohtaisesti parametri parametrilta, jotta releen luonti uuteen reletietokantajärjestelmään olisi mahdollista. Samalla toimintoja pyritään optimoimaan si-

ten, että toimintoja saataisiin yhdistettyä ja ilmoitusluontoisia toimintoja karsittua. Tarkastelu aloitetaan distanssitoiminnosta ja päätetään tahdistintoimintoon. Lisäksi viimeisenä tarkastellaan releen viestiyhteystoimintoja, jotka määritellään ohjelmakytkinten ohjelmien puolella. Ohjelmakytkimet luodaan myös uuteen järjestelmään, mutta niiden käsittelyyn ei mennä parametri parametrilta, vaan työn laajuudesta johtuen ohjelmakytkimiin viitataan suoraan luvuissa 4 ja 5.

3.2 Distanssitoiminnot

Distanssitoiminnot REL670:ssä jaotellaan taulukon 3.1 mukaisesti kolmeen ryhmään. Distanssireletoiminto sisältää vyöhykeasettelut normaalissa verkossa. Distanssirele sarjakompensoidussa verkossa -toiminto pitää sisällään sarjakompensoidun verkon vyöhykeasettelut. Distanssireleen lisätoiminnot sisältävät kaikki distanssireleen asettelut pois lukien vyöhykeasettelut. Lisätoimintoja ovat muun muassa ylivirtalaukaisu, heikonsyötönlogiikka, jännitepiirinkatkoksensvalvojatoiminto ja suunnattu maasulkulaukaisu DEF (Directional Earth-Fault) [5].

3.2.1 Distanssireletoiminto normaaliin sähköverkkoon

REL670 distanssitoimintoon on rakennettu 46 toiminta-arvoparametria, jotka asettelijan on asetettava ELNET-järjestelmään. Näistä 46 toiminta-arvosta lasketaan releelle 87 asettelukytkimen arvoa. Distanssitoiminto pitää sisällään vyöhykeasettelut. Releeseen saa maksimissaan viisi vyöhykettä sekä oikosulku-, että maasulkuvikoihin. Ensimmäiset releen tarvitsemat tiedot ovat perustiedot eli virta- ja jännitemuuntajan ensiö- ja toisioarvot.

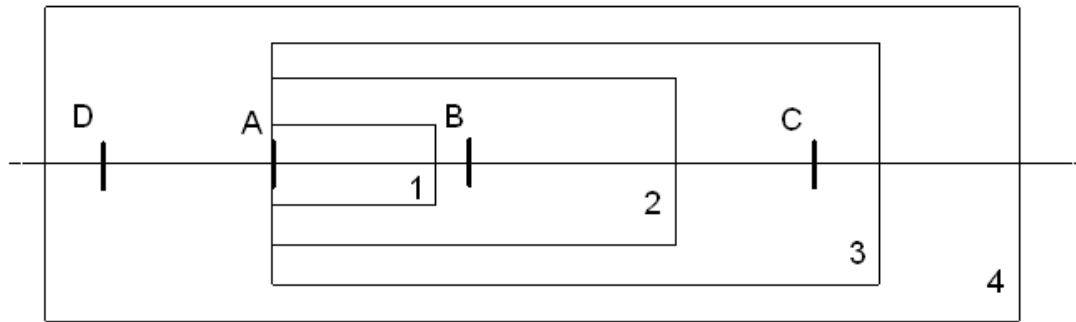
Taulukko 3.2 Distanssitoiminnon perustiedot [5].

| Z | PERUSTIEDOT | |
|--------|-------------------------------|----------------------------|
| Tunnus | Selite | Kaava |
| Un | Jännitemuuntajan ensiöjännite | $*==U_{Base}$ |
| In | Virtamuuntajan ensiövirta | $*v_m CTsec$ |
| CTsec | Virtamuuntajan toisiovirta | Pelkkänä asettelukytkimenä |

Taulukon 3.2 tunnussarakkeessa on toiminta-arvon tunnus, selite-sarakkeessa toiminta-arvon tarkempi kuvaus ja kaava-sarakkeessa laskukaava sille, miten asettelukytkimillä saadaan laskettua kyseinen toiminta-arvo. Kääntämällä kaava toisinpäin saadaan laskukaava toiminta-arvoista asettelukytkimiksi.

3.2.1.1 Vyöhykeasettelut normaaliin verkkoon

Seuraavaksi tarkastellaan distanssitoiminnon vyöhykeasetteluja. Vyöhykkeellä tarkoitetaan distanssitoiminnon kattamaa johtoaluetta. Rele laukaisee johtokatkaisijan, kun vika kohdistuu kyseiselle vyöhykealueelle. Katkaisija laukaistaan vyöhykkeen asetteluajan kuluttua. Vyöhykkeet kattavat pääsääntöisesti johtoalueet kuvan 3.1 mukaisesti.



Kuva 3.1 Distanssireleiden vyöhykkeiden kattavuus [4].

Kuvassa 3.1 on kuvaus asemalla A sijaitsevan distanssireleen vyöhykkeistä, kun releen suojaussuunta on kohti asemaa B. Kuvassa 3.1 näkyy normaalisti Suomen kantaverkossa käytössä olevat distanssireleen vyöhykealueet, jotka on toteutettu seuraavan periaatteen mukaisesti:

- **1. vyöhyke:** ulottuma on 80 % tai 85 % johdosta A-B, toiminta-aika on releen perusaika ilman hidastusta. Perusaika on releen käskyn kesto katkaisijalle. Ulottuma on 80 %, jos käytetään viestiyhteyttä, ja 85 % ilman viestiyhteyttä [3].
- **2. vyöhyke:** ulottuma on vähintään $1,2 \cdot$ johto A-B, toiminta-aika on 400 ms.
- **3. vyöhyke:** ulottuma on yli johto-osan A-C, toiminta-aika on 1 s.
- **4. Havahtumisvyöhyke:** ulottuma eteenpäin on yli kolmannen vyöhykkeen ja taaksepäin ulottuma vaihtelee, toiminta-aika on 4 s.[4]

Pääsääntönä on, että muut vyöhykkeet on suunnattu eteenpäin ja viimeinen vyöhyke kokonaan tai osittain taaksepäin. Laukaisuaika tarkoittaa, että distanssireleen havahtuessa vikaan releessä lähtee päälle sisäinen laskuri. Jos havahtuminen kestää yli vyöhykkeelle määritellyn ajan, niin rele laukaisee katkaisijansa. Esimerkiksi 3-vyöhykkeellä releen tulee olla havahtuneena vikaan yli sekunnin ajan ennen kuin rele antaa luvan lähettää laukaisusignaalin katkaisijalle.

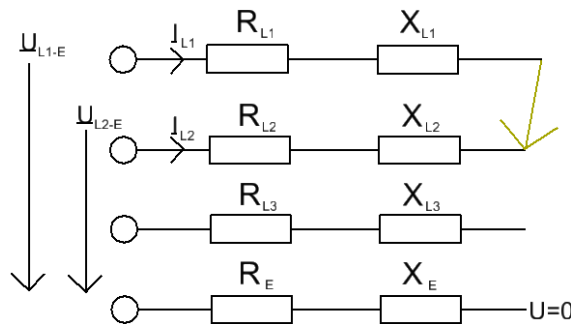
Distanssirele mittaa vaihevirran ja -jännitteen avulla johtokentän impedanssia eli resistanssia R ja reaktanssia X . Vikapaikan sijainnin distanssirele pystyy päättelemään, koska voimajohto sisältää resistanssia ja reaktanssia sitä enemmän, mitä pidemmälle johtoa pitkin edetään. Tämän vuoksi distanssireleelle kyetään asettelemaan vyöhykkeet eripituisille johtoväleille. Samalla vyöhykkeiden mennessä päällekkäin rele saa muodostettua varasuojauksen voimajohdolle. On huomioitavaa, että ulottuma-asettelut perustuvat pääosin reaktanssin arvoihin, koska resistanssin suuruus vaihtelee voimakkaasti viasta riippuen.

Distanssirele mittaa jatkuvasti kuutta erilaista mittaussiirä, joista kolme muodostuu vaiheen ja maan välille ja loput vaiheiden välille taulukon 3.3 mukaan. Vian sattuessa vaiheenvaihtelu valitsee vialliset mittaussiirit, joiden avulla vian suunta ja paikka lasketaan.

ABB:n REL670 releen vaihevalinta toimii samalla periaatteella kuin Arevan releet, missä vaiheenvalinta perustuu päävirtojen I_{AB} , I_{BC} , I_{CA} mittaukseen. Vaiheenvalinta mittaa vikaa ennen vallinneet päävirtojen kaksi virtajaksoa ja vertaa niitä vian aikaisiin päävirtoihin. Jos I_{CA} on suurempia kuin I_{AB} ja I_{BC} , on kyseessä kaksivaiheinen oikosulku C- ja A-johdoilla. Jos taas I_{CA} ja I_{BC} ovat suurempia kuin I_{AB} , on kyseessä C-johdon maasulku. [10] Vaiheenvalinta valitsee vialliset mittausspiirit, minkä jälkeen distanssirele laskee vian viikapaikan ja suunnan taulukon 3.3 kaavoilla. Esimerkkinä releen käyttämästä laskennasta on kuva 3.2, jossa kohdassa A on verkkoon muodostunut 2-vaiheinen oikosulkuvika ja kohdassa B on verkkoon muodostunut 3-vaiheinen oikosulkuvika, jolloin vaiheenvalinta on valinnut jokaisen vaiheenvälisen mittausspiirin laskentaansa.

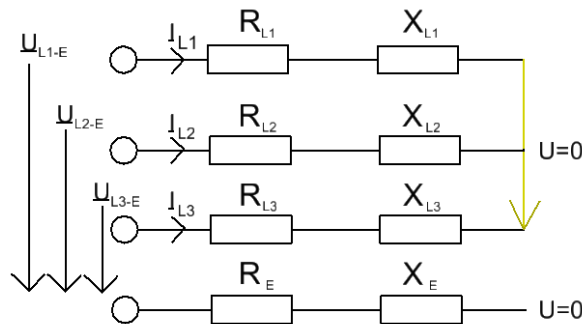
Taulukko 3.3 Distanssireleen mittausspiirit ja mittausspiirien vikalaskenta [11].

| Measured loop | Measured current (distance) | Measured voltage (distance) | Measured voltage (direction) | Measured voltage (direction) |
|---------------|-----------------------------|-----------------------------|------------------------------|------------------------------|
| L1-E | $I_{L1}-k_0 \cdot I_E$ | U_{L1-E} | I_{L1} | U_{L2-L3} |
| L2-E | $I_{L2}-k_0 \cdot I_E$ | U_{L2-E} | I_{L2} | U_{L3-L1} |
| L3-E | $I_{L3}-k_0 \cdot I_E$ | U_{L3-E} | I_{L3} | U_{L2-L3} |
| L1-L2 | $I_{L1}-I_{L2}$ | $U_{L1}-U_{L2}$ | $I_{L1}-I_{L2}$ | U_{L2-L3} |
| L2-L3 | $I_{L2}-I_{L3}$ | $U_{L2}-U_{L3}$ | $I_{L2}-I_{L3}$ | U_{L2-L3} |
| L3-L1 | $I_{L3}-I_{L1}$ | $U_{L3}-U_{L1}$ | $I_{L3}-I_{L1}$ | U_{L2-L3} |



A) 2-vaiheinen oikosulku

$$Z_{L1-L2} = \frac{U_{L1-E} - U_{L2-E}}{I_{L1} - I_{L2}}$$



B) 3-vaiheinen oikosulku

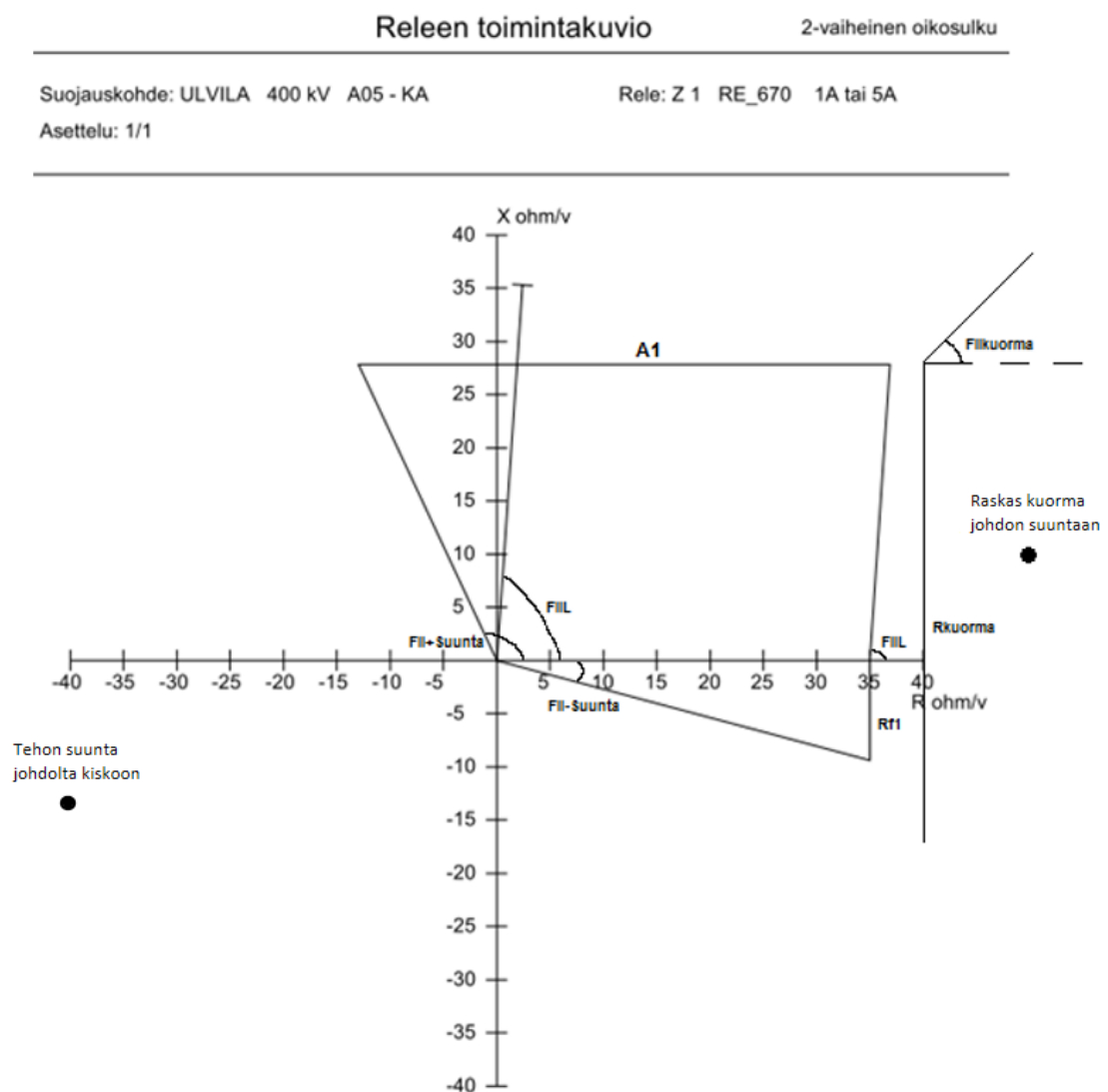
$$\left. \begin{aligned} Z_{L1-L2} &= \frac{U_{L1-E} - U_{L2-E}}{I_{L1} - I_{L2}} \\ Z_{L2-L3} &= \frac{U_{L2-E} - U_{L3-E}}{I_{L2} - I_{L3}} \\ Z_{L1-L3} &= \frac{U_{L1-E} - U_{L3-E}}{I_{L1} - I_{L3}} \end{aligned} \right\} \text{SAMA TULOS}$$

Kuva 3.2 Distanssitoiminnon impedanssilaskenta 2- ja 3-vaiheisessa oikosulussa [11].

Oikosulkupiirit muodostuvat kuvan 3.2 mukaisesti. Impedanssilaskentaan käytetään REL670 releelle tuotavia vaihevirtoja ja vaihejännitteet, joiden avulla lasketaan vaiheiden väliset pääjännitteet. Distanssitoiminto mittaa jatkuvasti taulukon 3.3 mukaisia piirejä,

joiden avulla maasulut ja 2- ja 3-vaiheiset oikosulut saadaan laskettua. 2-vaiheinen oikosulku (L1-L2) saadaan laskettua yhden kyseisen sarakkeen avulla. Kolmivaiheinen oikosulussa vaiheenvaihtelu valitsee jokaisen viallisen vaiheen mittaukseensa, jolloin jokainen vaiheiden välinen impedanssi lasketaan. Vikapaikaksi tulee symmetrisessä verkossa jokaisesta kolmesta laskennasta sama tulos, koska vian paikka ei muutu vaiheesta riippumatta.

Voimajohdon resistanssi ja reaktanssi näkyvät vyöhykekuviossa kuvassa 3.3 suorana, joka lähtee origosta ja kulkee johtokulmassa $FiiL$. Esimerkiksi kuvassa 3.3 A1-vyöhyke kattaa 80 % ensimmäisestä asemavälistä A-B. Asema B näkyy kuvassa 35 X ohm/v:n (Ω /vaihe) kohdalla. Kuvassa 3.3 on esimerkki ensimmäisen vyöhykkeen vyöhykekuvaajasta, joka pätee 2- ja 3-vaiheisille oikosuluille.



Kuva 3.3 Distanssireleen 1-vyöhykkeen asettelut oikosulkuvioissa [5].

Ensimmäisen vyöhykkeen kuvaajan muokkaamiseen tarvittavat parametrit löytyvät taulukosta 3.4. Asetteliija asettelee toimintakuvion halutuksi kyseisten toiminta-arvojen

avulla. Ulottuma-asettelut tehdään reaktanssin perusteella, sillä resistanssin suuntaan joudutaan ottamaan marginaalia vikaresistanssin varalta, jonka arvoa rajoittaa johdon kuormitusvirta.

Taulukko 3.4 1-Vyöhykkeen perusasettelut [5].

| 1. VYÖHYKKEEN PERUSASETTELUT | | |
|-------------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|
| Toiminta-arvo | Selite | Kaava asettelukytkimestä |
| A1 | X-asettelu | $==X1z1$ |
| Rf1 | R-asettelu oikosulussa | $==RFPPz1*0,5$ |
| RfN1 | R-asettelu maasulussa | $==RFPEz1$ |
| FiiL | Johtokulma | Lasketaan johtoarvoista |
| 1suunta | Vyöhykkeen toimintasuunta | $==OperationDir.z1$ |
| Rkuorma | 1-5V. Blokkaava raja R-suuntaan | $==RLdFw$ |
| fii kuorma | Kuormitusimpedanssin kulma | $==ArgLd$ |
| Fii-Suunta | R-suunnasta -X suuntaan | $==ArgDir$ |
| Fii+Suunta | R-suunnasta +X suuntaan | $==ArgNegRes$ |

Parametreista *FiiL* on siis johtokulma, johon vika osuu vyöhykekuvaajassa, jos kyseessä on resistanssiton 3-vaiheinen oikosulkuvika. Muille kuvan alueille vika osuu kuormitusvirran ja vikavirtojen suunnista, kiskojännitteen suuruudesta ja vikaresistanssista riippuen. Normaalin verkon tilanteessa kuormitusresistanssi on johdolla iso ja reaktanssi pieni.

Ensimmäisen oikosulkuvyöhykkeen rajat muodostavat parametrit *A1* reaktanssisuuntaan ja *Rf1* resistanssisuuntaan. Maasululle on erikseen oma asettelunsa *Rf1* resistanssiseen suuntaan. *1suunta*-komennolla määritetään, piiryykö kuva kulmien *Fii+Suunta* ja *Fii-Suunta* avulla positiiviseen +XR-suuntaan vai negatiiviseen -XR-suuntaan. +XR-suunta kuvastaa suojausta voimajohdolle päin. *FiiL*-kulma tarkoittaa johtokulmaa, mutta se on myös ohjelmoitu releelle laajentamaan R-suunnan ulottuvuutta positiivisen X-suunnan puolella. Toiminta-arvon R_{kuorma} tarkoitus on rajata resistanssisuuntaa, jotta rele ei laukaisisi kuormitusvirrasta. Fii_{kuorma} vastaavasti laajentaa havainnointialuetta reaktanssin kasvaessa, jos releen A- ja *Rf*-asettelut antavat tähän mahdollisuuden.

Valtaosalla releistä kulmat *Fii-Suunta* ja *Fii+Suunta* ovat kiinteitä eikä asettelija voi vaikuttaa niihin. REL670-releessä kyseiset arvot ovat kuitenkin aseteltavia, ja niillä voidaan laajentaa tai kaventaa normaalia positiivista RX-suuntaa [12]. *Fii-Suunta* ja *Fii+Suunta* parametrien asetteluarvoja ei kuitenkaan tule muuttaa oletusarvosta ilman, että on suoritettu laajoja transienttilaskelmia transienttiohjelmalla. Laajojen transienttilaskelmien tulee osoittaa yksiselitteisesti, että oletusarvoja voidaan suurentaa ennen kuin muutos kyseisiin arvoihin voidaan tehdä [3]. Normaalisti laskemia ei tehdä vaan asettelija käyttää oletusarvoja kyseisten parametrien asetteluun. Muiden vyöhykkeiden 2—5 toiminta-arvot ja vyöhykekuvaajat on koottu liitteeseen 5.

Verkon normaalitilan pisteellä kuvataan verkon suurinta mahdollista kuormaa, mikä johdolla voi olla, kun tehoa syötetään kiskolta suojattavalle johdolle. Suuri kuormitusvirta alentaa jännitettä, minkä vuoksi verkon normaali tila ajautuu suurimman kuormitusvirran aikana lähelle releen havainnointialueita. Suurin kuormitusvirta otetaan aina huomioon relettä aseteltaessa. Rele ei koskaan saa laukaista suurimmasta suunnitellusta kuormitusvirrasta. Huomioitavaa on, että siirtoverkossa tehoa voi siirtyä kumpaan suuntaan tahansa. Tehon siirtyessä johdolta kiskolle näkee rele normaalitilanteen -XR-sektorissa. Vian sattuessa johdolle vikavirtaa kuitenkin muodostuu johdolle riippumatta ennen vikaa olleen tehon suunnasta, jolloin johdolla oleva resistanssiton vika muodostuu positiiviseen sektoriin johtokulmalle *FiiL*.

3.2.1.2 Aika-asettelut normaaliin verkkoon

Vyöhykeasettelut sisältävät myös aika-asettelut jokaiselle vyöhykkeelle. Ne määrittävät, minkä ajan kuluttua rele laukaisee kentän katkaisijan. 1-vyöhykkeelle on mahdollista asettaa erikseen maasuluille erillinen hidastus, mutta usein 1-vyöhykkeen molemmat asetellut asetetaan hidastamattomiksi. Vyöhykkeille 2—5 aikahidastus maasulussa on sama kuin oikosuluissa. Vaikka rele mahdollistaisi erillisen maasulkuhidastuksen myös vyöhykkeille 2—5, asetteluja ei ole otettu toiminta-arvoiksi.

Taulukko 3.5 Vyöhykkeiden aika-asettelut [5].

| VYÖHYKKEIDEN AIKAASETTELUT | | |
|----------------------------|------------------------------------|--------------------------|
| Toiminta-arvo | Selite | Kaava asettelukytkimestä |
| t1 | 1. vyöhykkeen hidastus oikosulussa | $*=t1PP$ |
| t1E | 1. vyöhykkeen hidastus maasulussa | $*=t1PE$ |
| t2 | 2. vyöhykkeen aika-asettelu | $*=t2PP$ |
| t3 | 3. vyöhykkeen aika-asettelu | $*=t3PP$ |
| t4 | 4. vyöhykkeen aika-asettelu | $*=t4PP$ |
| t5 | 5. vyöhykkeen aika-asettelu | $*=t5PP$ |

Aikahidastukset kuvaavat releen odotusaikaa laukaisusignaalin lähettämisessä. Todellisuudessa vian havainnointi, laukaisusignaalin lähetys katkaisijalle, katkaisijan laukaisusignaalin vastaanotto ja katkaisijan avautuminen kestävät oman aikansa. Näin ollen hidastamaton laukaisu vie aikaa vähintään 40—70 ms:a. Aikaan vaikuttavat releen malli, sukupolvi ja vian laatu.

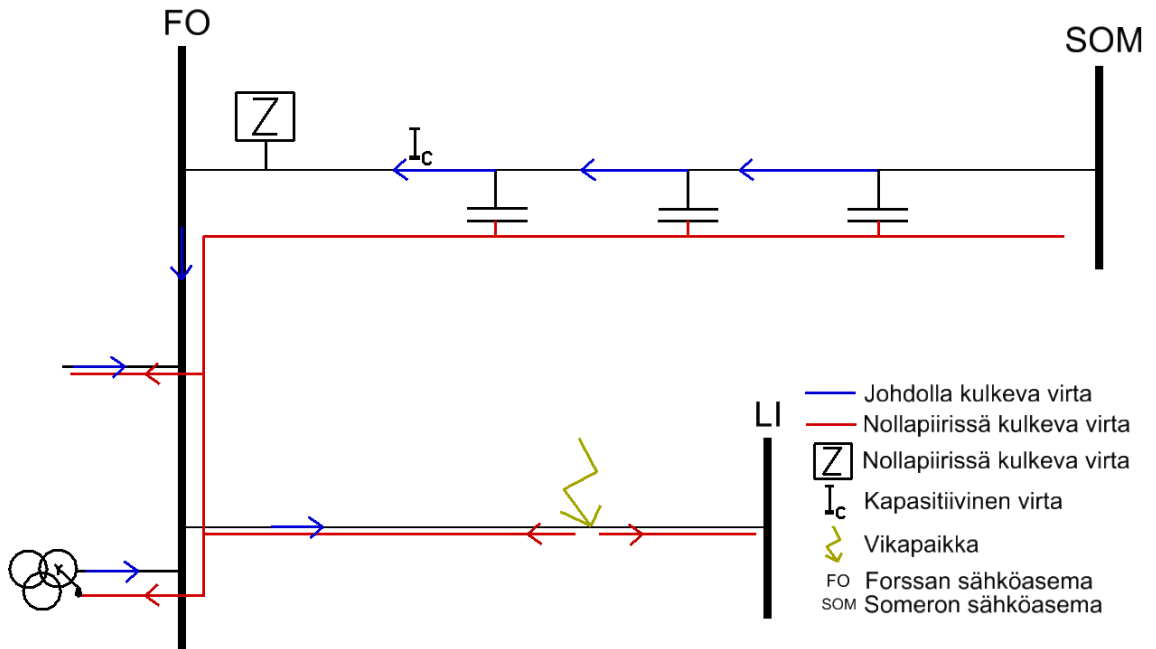
3.2.1.3 Vyöhykkeiden virran huomiointi

Distanssireleessä tulee huomioida virrat impedanssimittauksen lisäksi, jotta virhelaukaisulta välttyttäisiin. Virtojen tulee olla tarpeeksi suuret, jotta distanssitoimintoon voitaisiin luottaa. Nämä on huomioitu taulukon 3.6 toiminta-arvoilla. Toiminta-arvoilla varmistetaan, että rele mittaa oikeaa vikatyyppiä.

Taulukko 3.6 Vyöhykkeiden virranhuomiointi [5].

| Vyöhykkeiden virranhuomiointi | | |
|-------------------------------|--|-------------------------------------|
| Toiminta-arvo | Selite | Kaava |
| I_{minA1} | 1V. minimitoimintavirta oikosulussa yksi-vaihe | $vm\ I_{MinOp-PEz1} * 0.01 * CTsec$ |
| I_{EminA1} | 1V. minimitoimintavirta maasulussa yksi-vaihe | $vm\ I_{Mi-nOpINz1} * 0.01 * CTsec$ |
| I_{min} | 2-5V. minimitoimintavirta oikosulussa yksi-vaihe | $vm\ I_{MinOp-PEz2} * 0.01 * CTsec$ |
| $I_{N>ppl}$ | Virta, joka tunnistaa sam.verkon kaksoismaasulun | $vm\ I_{N>} * 0.01 * CTsec$ |
| $I_{NReleasePE}$ | Sallii maasulkuvyöhykekuvion mittauksen | $*== I_{NReleasePE}$ |
| $I_{NBlockPP}$ | Estää oikosulkulaukaisun maasulkuviassa | $*== I_{NBlockPP}$ |

Taulukon 3.6 toiminta-arvot I_{minA1} ja I_{min} mittaavat oikosulkutilanteessa yhden vaiheen virtaa. Jos vikaantuneen vaiheen virta on alle asettelu, niin kyseinen asettelu estää distanssireleen havahtumisen. Asetteluilla estetään distanssireleen turhat laukaisut tilanteissa, joissa vikaa ei ole. I_{EminA1} on vastaava parametri maasulkutilanteisiin eli tällöin nollavirta-arvon on ylityttävä. Kyseisellä toiminta-arvolla estetään tähtipisteettömillä säteisjohdoilla relettä laukaisemasta katkaisijaa kiskon toisen johdon maasulussa. Säteisjohdolla, jonka päässä ei ole maadoitusta kulkee kapasitiivista virtaa toisen johdon maasulkuviassa (kuva 3.4), jolloin se näkyy releellä induktiivisena virtana. I_{EminA1} -asettelun tulee olla suurempi kuin kyseinen kapasitiivinen maksimivirta I_c . [12] Kyseisessä tilanteessa suunnatut suojaukset eivät toimi, koska releet on suunniteltu toimimaan induktiivisen virran avulla.



Kuva 3.4 Kapasitiivisen maksimivirran muodostuminen.

Kuvasta 3.4 nähdään 1-vaiheinen maasulku. Maasulku muodostaa maassa kulkevan virtapiirin, josta virta nousee verkon johtimille, joko maadoitetun muuntajan tähtipisteen tai

johtokapasitanssien kautta. Kuvan 3.4 vika johdolla FO-LI aiheuttaa FO-SOM johdolle maasulkupiirin kautta kapasitiivisen virran, joka lähtee kulkeutumaan kohti vikapaikkaa. Jos Someron asemalla olisi tähtipisteestään maadoitettu muuntaja, se muodostaisi induktiivista virtaa, joka kompensoisi johtojen aiheuttaman kapasitiivisen virran. Nyt tähtipistettä ei ole, jolloin kapasitiivinen virta kulkeutuu mittaavalle distanssireleelle Z. Toiminta-arvo I_{EminA1} tulee asetella suuremmaksi kuin suurin mahdollinen viereisen johdon aiheuttama kapasitiivinen vikavirta I_c . Kuvasta 3.4 on hyvä huomata, että maasulkupiiri muodostuu johtimen muotoa mukaillen. Maasulkuvirta pyrkii löytämään vähä impedanssisimman reitin nollapiirilleen. Resistanssi kasvaa suuremmaksi matkan kasvaessa mihin suuntaan tahansa, mutta reaktanssi kasvaa suuremmaksi, kun virta poikkeaa johdon suunnasta. Reaktanssista johtuen virta löytää vähä impedanssisimman kulkureitin voimajohdon suunnasta parin kilometrin syvyydestä (resistanssi pieni), jonka vuoksi maasulkupiiri muodostuu kuvan 3.4 mukaiseksi. [3,10,12]

Sammutetun verkon maasulkusilmukoiden mittaukseen tarvitaan minitoimintavirta $I_{n>ppl}$. Toiminta-arvon tehtävä on tunnistaa kaksoismaasulku, jotta distanssirele ymmärtää mitata oikeaa vikaa, jolloin vyöhykekuvio saadaan oikeaksi eli maasulkukuvioksi. Sammutetussa verkossa distanssitoiminto ei saa laukaista yksivaiheisessa viassa, sillä sammutetussa verkossa yksivaiheinen maasulku ei merkitse varsinaista vikaa olemattoman vikavirran vuoksi. Kaksoismaasulkutilanteessa releen on kuitenkin laukaistava vika pois verkosta. [3,12]

Viimeisestä kahdesta toiminta-arvosta $INReleasePE$ estää nollavirtamittausvirheistä tapahtuvan laukaisun, joissa kyseisen arvon on ylityttävä, jotta päästään mittaamaan maasulkuvyöhykekuvioita. Toiminta-arvo $INBlockPP$ lukitsee oikosulkumittauksen, kun parametrille aseteltu nollavirta-arvo ylittyy, ja näin ollen rele osaa mitata vain maasulkuvikaa. [5]

3.2.1.4 Maasulkuvyöhykkeiden muokkaus

Viimeiset distanssitoiminnon toiminta-arvot muokkaavat oikosulkuvyöhykkeiden sopivuutta maasulkuvyöhykkeiksi. Muutos toteutetaan seuraavilla parametreilla:

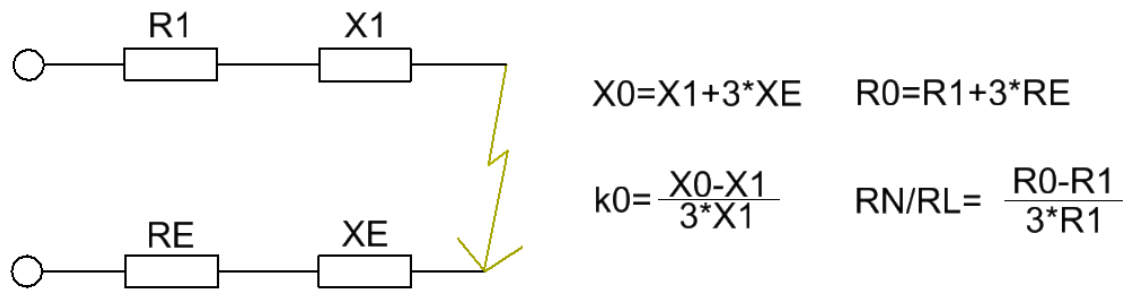
Taulukko 3.7 Maasulkuvyöhykkeiden rakentamiseen tarvittavat toiminta-arvot [5].

| JOHTOARVOISTA LASKETTAVAT MAASULKUVIKOIHIN | |
|--|--|
| Tunnus | Selite |
| J-arvo | Kertoo käytetäänkö johtoarvoja vai lasketaanko asettelukytkimistä. |
| k01 | 1. vyöhykkeen maaimpedanssikerroin (x-suunnassa) |
| k02 | 2. vyöhykkeen maaimpedanssikerroin (x-suunnassa) |
| k0 | 3-5. vyöhykkeiden maaimpedanssikerroin (x-suunnassa) |
| RN/RL | R-suunnan maaimpedanssikerroin |

Taulukon 3.7 toiminta-arvo J on apuarvo, joka kertoo REST-järjestelmälle, käytetäänkö muiden taulukossa olevien toiminta-arvojen laskentaan REST-järjestelmän johtopuolelta automaattisesti tulevia johtoarvoja vai tuleeko arvot laskea manuaalisesti tiedetyistä johtoarvoista.

Maaimpedanssikertoimet $k01$, $k02$ ja $k0$ ovat kertoimia maasulkutilanteisiin. Kertoimilla otetaan huomioon maasulussa muodostuva paluupiiri, joka kulkeutuu maata pitkin. Tämä muuttaa maasulkukuvion Ω /vaihe kuvioista Ω /silmukka kuvioiksi x-suunnassa [12]. Toiminta-arvot $k01$ ja $k02$ ovat päteviä ensimmäiselle ja toiselle vyöhykkeelle ja $k0$ pätee vyöhykkeille 3, 4 ja 5. Jotta vyöhykekuviot vastaisivat kokonaisuudessaan oikeita vyöhykerajoja maasulussa, on myös resistanssin suuntaa muokattava toiminta-arvolla RN/RL , joka muokkaa vyöhykekuvaajassa johtokulmaa positiiviseen R-suuntaan.

Maaimpedanssikertoimet ja resistanssin maasulkuimpedanssi on laskettu kuvassa 3.5 yhden vaiheen maasulussa, jolloin vika muodostuu normaalissa eristimen yli olevassa viassa vaihejohtimen sekä maa ja ukkosjohtimen rinnan kytkennän välille [11].



Kuva 3.5 1-vaiheen maasulku ja maaimpedanssikertoimen laskenta [11].

Kuvan 3.5 kertoimet $R0$ ja $X0$ ovat koko maasulkupiirin resistanssi ja reaktanssi, $R1$ ja $X1$ ovat viallisen vaiheen resistanssi ja reaktanssi ja RE ja XE maapiiriin ja ukkosjohtimen rinnankytkennän resistanssi ja reaktanssi. Kerroin kolme tulee siitä, että symmetristen komponenttien nollavirta I_0 on maasulussa yhtä suuri jokaisessa vaiheessa, jolloin paluupiiriin muodostuu kolminkertainen nollavirta.

REL670 käyttää maasulkukerrointa impedanssin laskentaan taulukon 3.8 perusteella. Rele mittaa jatkuvasti taulukon vaiheita L1-E, L2-E ja L3-E joilla rele määrittää maasulkuvikaa. Jokainen vyöhyke sisältää omat vaiheidenmittauksen, joten viidenvyöhykkeen omaavalla distanssireleellä vaihemittauksia on yhteensä 15. Rele mittaa jatkuvasti distanssireleen matkaa ja suuntaa, jokaisella mittaelimellä.[11]

Taulukko 3.8 Distanssireleen impedanssin ja suunnan määrittäminen [11].

| Measured loop | Measured current (distance) | Measured voltage (distance) | Measured voltage (direction) | Measured voltage (direction) |
|---------------|-----------------------------|-----------------------------|------------------------------|------------------------------|
| L1-E | $I_{L1}-k_0 \cdot I_E$ | U_{L1-E} | I_{L1} | U_{L2-L3} |
| L2-E | $I_{L2}-k_0 \cdot I_E$ | U_{L2-E} | I_{L2} | U_{L3-L1} |
| L3-E | $I_{L3}-k_0 \cdot I_E$ | U_{L3-E} | I_{L3} | U_{L2-L3} |
| L1-L2 | $I_{L1}-I_{L2}$ | $U_{L1}-U_{L2}$ | $I_{L1}-I_{L2}$ | U_{L2-L3} |
| L2-L3 | $I_{L2}-I_{L3}$ | $U_{L2}-U_{L3}$ | $I_{L2}-I_{L3}$ | U_{L2-L3} |
| L3-L1 | $I_{L3}-I_{L1}$ | $U_{L3}-U_{L1}$ | $I_{L3}-I_{L1}$ | U_{L2-L3} |

Distanssitoiminto päättyy 1-vaiheen maasulkuvikaan, jos vain yksi kolmesta mittauspiiristä tulee valituksi. Maasulun etäisyys saadaan taulukosta jakamalla "Measured voltage (distance)" "Measured current (distance)":lla. Huomioitavaa on, että maasulkuvirta I_E on symmetristenkomponenttien tapauksessa $3I_0$. [11]

3.2.2 Distanssirele sarjakompensoituun sähköverkkoon

Sarjakompensoidulla verkolla tarkoitetaan verkkoa, jonka keskelle on asetettu sarjakondensaattorit. Kondensaattorien tarkoitus on vähentää pitkien johtojen loistehohäviöitä kompensoimalla johdon reaktanssista esimerkiksi 80 prosenttia. Näin ollen johdolla saadaan siirtymään mahdollisimman paljon pätötehoa mahdollisimman pienellä loistehon kulutuksella. Samalla sarjakompensoinnilla saadaan pienennettyä pätötehon siirron aiheuttamaa kulmaeroa, jolloin verkon stabiilius paranee. Kulmaero lasketaan kaavalla 3.1

$$P = \frac{U_1 \cdot U_2}{\sum x} \sin \delta, \quad (3.1)$$

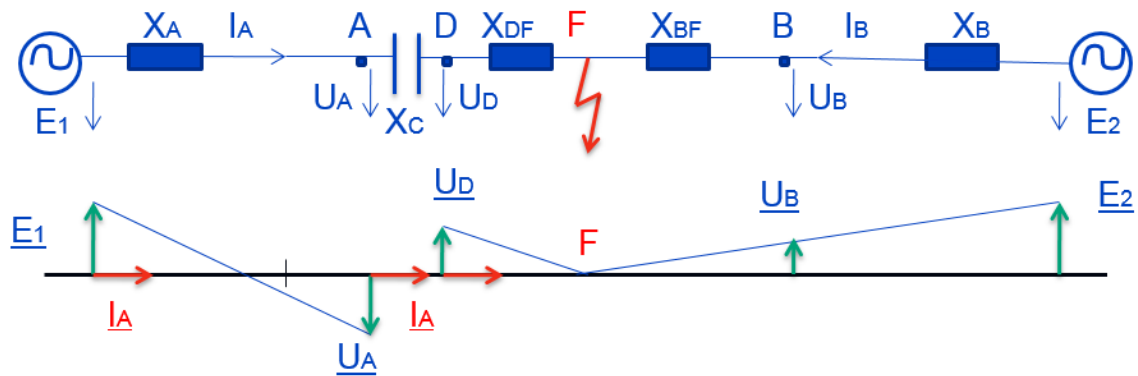
jossa U_1 ja U_2 ovat johdon päissä olevien asemien pääjännitteet, $\sum x$ kuvaa johdon kokonaisreaktanssia ja δ kuvaa jännitteiden kulmaeroa, joka ei saa mennä lähelle tai yli 90 asteen tai verkon stabiilius menetetään. On kuitenkin huomioitava, että liian suuri kompensointiaste lisää resonanssivaara esimerkiksi verkon ja tuulivoimalan generaattoriakselin tai taajuusmuuttajan välillä. [3]

REST-järjestelmässä asetteliija valitsee distanssitoiminnon normaaliin tai sarjakompensoituun verkkoon riippuen siitä, kumpaa johtokenttää ollaan suojaamassa. Distanssitoiminnot ovat siis toisensa poissulkevat, eikä niitä asetella samalle johtolähdölle. Tästä syystä sarjakompensoidun verkon toiminta-arvot ovat lähes samat kuin kompensoimattomalla verkolla. Seuraavassa taulukossa on esitelty toiminta-arvot, jotka poikkeavat normaalin verkon distanssitoiminnosta.

Taulukosta 3.9 nähdään, että sarjakompensoiduille johdoille tarvitaan asettelut myös taakse 1- ja 2-vyöhykkeillä. Tämä johtuu sarjakondensaattoreista. Jos vika osuu sarjakondensaattorien taakse asemalta päin katsottuna, muodostuu reaktanssi vyöhykekuviassa negatiiviseksi distanssireleen kannalta. Sen seurauksena asettelut joudutaan tekemään myös -X-suuntaan. Ongelmaa selkeytetään kuvan 3.6 avulla.

Taulukko 3.9 Toiminta-arvot, jotka ovat käytössä vain sarjakompensoidussa verkossa [5].

| SARJAKOMPENSOITUUNVERKKOON | | |
|----------------------------|---|-------------------------|
| Tunnus | Selite | Kaava |
| A1- | 1.Vyöhykkeen X-asettelu taakse | $*== X1RvPPz1$ |
| Rf1- | 1. Vyöhykkeen R-asettelu oikosulussa | $*== RFRvPPz1 * 0.5$ |
| RfN1- | 1.Vyöhykkeen R-asettelu maasulussa | $*== RFRvPEz1$ |
| A2- | 2.Vyöhykkeen X-asettelu taakse | $*== X1RvPPz2$ |
| Rf2- | 2. Vyöhykkeen R-asettelu oikosulussa | $*== RFRvPPz2 * 0.5$ |
| RfN2- | 2.Vyöhykkeen R-asettelu maasulussa | $*== RFRvPEz2$ |
| X_{muisti} | Muistijännite X-suunnassa, kattaa 2-vyöhykkeen | $*== X1FwPP_dir$ |
| Rf_{muisti} | Muistijännite R-suunnan oikosulussa kattaa 2-vyöhykkeen | $*== RFFwPP_dir * 0.5$ |
| RfN_{muisti} | Muistijännite R-suunnan maasulussa kattaa 2-vyöhykkeen | $*== RFFwPE_dir * 0.5$ |
| POISTETUT TOIMINTA-ARVOT | | |
| Tunnus | Selite | Kaava |
| IN>ppl | Virta, joka tunnistaa sam.verkon kaksoismaasulun | poistettu toiminto |

**Kuva 3.6** Jännitteen käyttäytyminen sarjakompensoidulla johdolla [13].

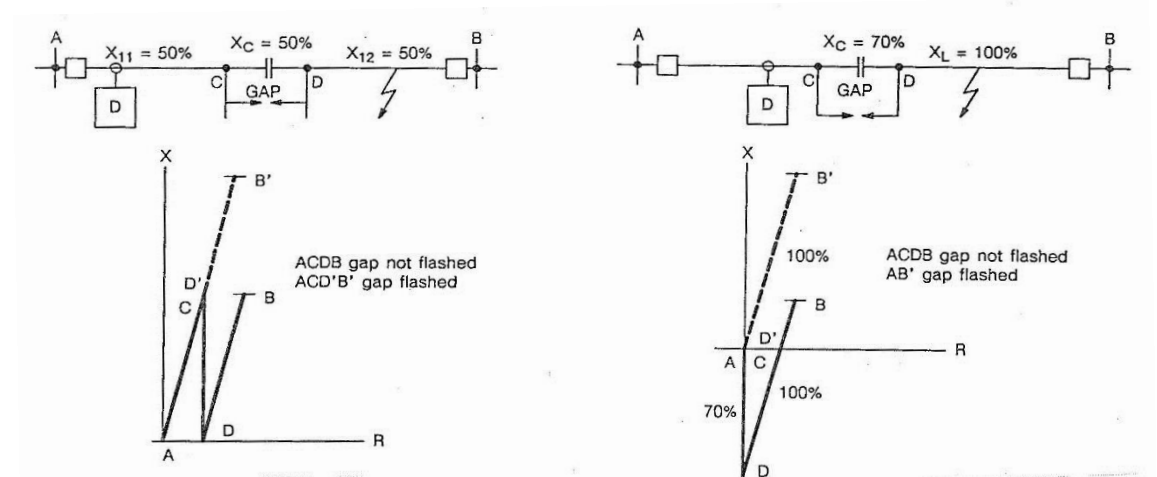
Kuvassa 3.6 distanssirele REL670 on asennettu asemalle A mittaamaan kohti asemaa D. Lisäksi aseman A ja D välinen johto on sarjakompensoitu. Vian kuvan 3.6 kohtaan muodostuu vikapaikkaan jännite, joka kasvaa asemaa kohti mentäessä. Kuitenkin johdon A-D kondensaattori kääntää jännitteen negatiiviseksi, josta johtuen aseman A distanssireleelle kulkeutuu negatiivinen jännite, koska $X_{DF} < X_c < (X_A + X_{DF})$. Näin ollen impedanssi releen ja vikapaikan välillä muodostuu kapasitiiviseksi vaikka taustaverkon ja vikapaikan väli (generaattorit vs. vikapaikka) muodostuu induktiiviseksi. Tämä kääntää releen mittaamaan vikavirran jännitteen edelle, minkä seurauksena distanssirele olettaa vian suunnan olevan estosuunnassa. Samalla vikapiste vyöhykekuvaajassa osuu negatiivisen RX-askelin sisälle. Huomioitavaa on että releen suunnanmittaus ja vikapaikanmittaus ovat erilliset toiminnot. Näin ollen vikapaikanmittaukseen voidaan määrittää vyöhykekuvaaja kattamaan myös negatiiviset akselit. Suunnanmäärittäminen taas kertoo releelle onko vika laukaistavissa. Tämän vuoksi vian suunnanmäärittämiseen käytetään vikaa ennen vallinnutta jännitettä, mutta vikapaikan määrittämiseen käytetään vian aikaista jännitettä.

Negatiivisen reaktanssin ollessa mahdollinen, ei suunnanmittaukseen voida käyttää vian aikaista jännitettä. Tähän apuna ovat distanssireleen muistiasetukset X_{muisti} , Rf_{muisti} , ja

RfN_{muisti} , jotka määrittävät muistijännitevyöhykkeen. Vian osuessa tälle vyöhykealueelle alkaa rele käyttää suunnanmittaukseensa muistijännitettä eli ennen vikaa ollutta jännitettä [12]. Muistiasettelujen arvo asetellaan ulottumaan hieman yli 2-vyöhykkeen. Releen muisti kestää vain 0,4 sekuntia, minkä vuoksi muistijännite voi toimia vain kahdella ensimmäisellä vyöhykkeellä. Muistijännitteen aikana jännitteen oletetaan jatkuvan saman taajuisena, kuin mitä se oli ennen vikaa. 0,4 sekunnin kesto aika on valittu, koska pidemmän ajan kuluessa taajuus voi muuttua esimerkiksi generaattorin kiihtymisen johdosta [3]. Jokainen vikasilmutikka tarvitsee oman muistinsa, jotta tieto saadaan oikean vian silmukkalaskentaan [12]. Kiskolla vikaa ennen vallinneesta jännitteestä rele pystyy päättämään oliko vika edessä vai takana. Jos vika oli takana, rele ei laukaise. Tämä tarkoittaa sitä, että jännitteen kääntyminen negatiiviseksi vian aikana ei haittaa, koska muistijännite otetaan ennen vikaa vallinneesta jännitteestä. Muistijännitteen avulla ei lasketa releen näkemää impedanssin suuruutta vaan muistijännitteen ainoana tarkoituksena on määrittää vian suunta [12].

Sarjakompensoidun verkon versiossa ei ole käytettävissä sammutetun verkon kaksois- maasuluntunnistusta, minkä vuoksi sarjakompensoitu distanssitoiminto ei sovellu sammutettuun verkkoon.[3]

Kuva 3.7 havainnollistaa tilannetta, jossa sarjakondensaattori aiheuttaa distanssireleen vyöhykekuvaajassa reaktanssin laskun. Erityisesti asemalle asennettu sarjakondensaattori on johtojen kannalta hankala, sillä vyöhykekuvaajan reaktanssi muodostuu negatiiviseksi.



Kuva 3.7 Sarjakompensoidut johdot: Vasemmalla sarjakondensaattori johdon puolivälissä, kompensointiaste 50 % ja oikealla sarjakondensaattori asemalla, kompensointiaste 70 % [13].

Käyttämällä suunnanmittaukseen ennen vikaa ollutta jännitettä saadaan rele silti toimimaan oikein. Jos kuitenkin johdon suunnassa oleva negatiivinen reaktanssi on suurempi kuin releen takana oleva syöttöreaktanssi (virta kääntyy), ei distanssirele enää toimi oikein edes muistijännitteellä. Verko ja kondensaattori ovat kuitenkin kantaverkossa mitoitettu siten, että virran kääntymistä ei tapahdu. Päätoimisena sarjakompensoitujen johtojen suojareleenä käytetäänkin siirtoviesti yhteyden omaavaa differentiaalirelettä, joka mittaa johdolle tulevan ja lähtevän virran erotusta. Differentiaalirele on kuitenkin herkkä

viestiyhteyden viiveiden vaihteluille, eikä se muodosta varasuojasta muille johdoille.[13] Tämän vuoksi sarjakompensoiduissa verkoissa käytetään distanssitoimintoa differentiaalitoiminnon lisäksi. Jos käytössä on kaksi hyvälaatuista viestiyhteyttä, niin tällöin molemmissa releissä käytetään differentiaalitoimintoa ja varalla distanssitoimintoa ilman viestiyhteyttä [3].

Kondensaattorin ohituskytkennässä distanssiasettelut pysyvät muuttumattomina, koska distanssireleiden toiminta sarjakompensoiduilla johdoilla perustuu suunnanmittaukseen ja siirtoviestiyhteyteen vasta-aseman distanssireleen kanssa. Kun molemmat releet havaitsevat vian edessä ja lähettävät tiedon viasta viestiyhteydellä toisilleen, laukaisevat releet viiveettä katkaisijansa.

3.2.3 Distanssireleen lisätoiminnot

Distanssitoiminnon lisäksi asettelijan tulee asettaa myös distanssireleen lisätoiminnot. Lisätoiminnot sisältävät muut distanssireleen toiminnot vyöhykeasetteluita lukuun ottamatta. Muita distanssireleen asetteluita ovat varavirtasuojien, heikonsyötönlogiikan, jännitepiirinkatkoksenvälvojan ja mittaustietojen asettelut. Nämä asettelut on REST-järjestelmässä rakennettu Zlisä-toiminnon alle.

3.2.3.1 Pikalaukaisu ylivirrasta

Ensimmäisenä lisätoimintona tulee asettaa ylivirran pikalaukaisut, jotka ovat listattu taulukkoon 3.11. Jos kyseiset toiminnot ovat käytössä, niin ne ovat käytössä riippumatta siitä, onko distanssitoiminto lukittu.

Taulukko 3.11 Distanssireleen lisätoiminnot: varavirtamittaukset [5].

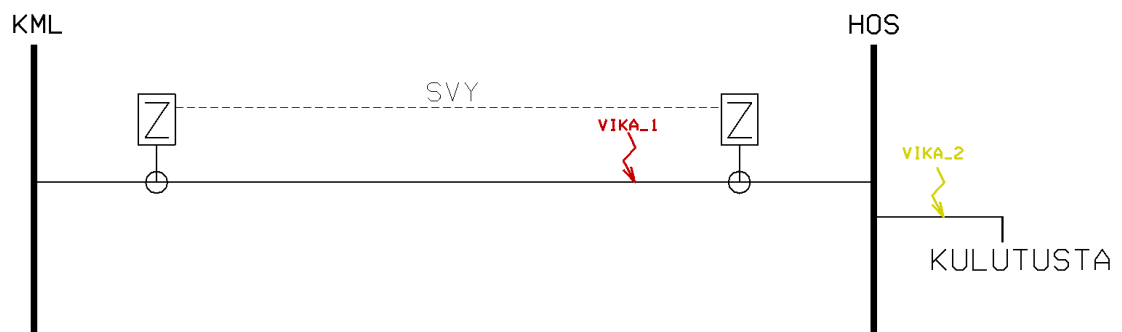
| VIRTAMITTAUKSET | | |
|-----------------|---|---------------------|
| Tunnus | Selite | Kaava |
| I>>> Käytössä | Ylivirran pikalaukaisu (Päällä/Pois) | *== IOC_Operation |
| I>>> | Ylivirran pikalaukaisu (Suuntaamaton) | *vm IP>>*0.01*CTsec |
| IO>>> Käytössä | Nollavirran pikalaukaisu (Päällä/Pois) | *== IEF_Operation |
| IO>>> | Nollavirran pikalaukaisu (Suuntaamaton) | *vm IN>>*0.01*CTsec |

Distanssireleen omina varasuojina toimivat pikalaukaisuina ylivirta- ja nollavirta-asettelut. Asettelut varmistavat sen, että amplitudiltaan suuri virtapiikki vaihe- tai nollavirrassa aiheuttaa johdon välittömän laukaisun. Kyseisiä toiminta-arvoja voi asettaa pitkille johdoille. Toiminta-arvoiksi asetellaan johtokentän ulkopuolisessa viassa muodostuvaa suurinta läpimenevää vikavirtaa suurempi arvo [3,5].

3.2.3.2 Heikonsyötönlogiikka

Heikonsyötönlogiikka on myös yksi distanssireleen lisätoiminnoista. Heikonsyötönlogiikkaa käytetään johdoilla, joiden vasta-asemalla ei ole generaattoreita eikä muita vika-

virtaa syöttäviä johtoja [3]. Kuvassa 3.8 näkyy tilanne, jossa tarvitaan heikonsyötönlogiikkaa. Kyseessä on Kymminlinnan KML ja Hovinsaaren HOS-aseman voimajohto, josta molemmista johtopäistä otetaan virtamittaukset asemien distanssireleille. Distanssireleiden välillä on SVY eli suojauksenviestiyhteys, jonka avulla releet kykenevät kommunikoimaan keskenään. Kymminlinnaan tulee virtasyöttöä toisilta asemilta, mutta Hovinsaaren asemalle ainoa syöttö tulee Kymminlinnasta.



Kuva 3.8 Heikonsyötönlogiikka [13].

Vian ollessa kohdassa yksi näkee KML-rele vian, koska sen ylitse kulkeutuu vikavirtaa verkon generaattoreilta. HOS-rele ei näe vikaa, koska sen takana ei ole vikavirtaa syöttäviä kohteita. Tästä johtuen HOS-distanssireleen yli ei kulkeudu vikavirtaa ja vikaa ei havaita. Kuitenkin viestiyhteyden avulla KML-ilmoittaa HOS-releelle, että vika on havaittu edessä. Ennen kuin HOS-aseman rele laukaisee oman katkaisijansa, on taulukon 3.12 parametriehtojen täyttyttävä ja HOS-aseman lähetettävä kaiku signaali takaisin KML-releelle, jolloin molemmat releet laukaisevat katkaisijansa ja johdon jännitteettömäksi ilman hidastusta.

Taulukko 3.12 Distanssireleen lisätoiminnot: Heikonsyötönlogiikka [5].

| Heikonsyötönlogiikka | | |
|----------------------|--|----------------|
| Tunnus | Selite | Kaava |
| Uv<wi | Heikonsyötönlogiikan U-vaihe asettelu | $*==UPN<*0.01$ |
| U<wi | Heikonsyötönlogiikan U-pääjännite asettelu | $*==UPP<*0.01$ |

| Ohjelmakytkin | Asento | Asennon vaikutus |
|---------------|--------------|--|
| zc17 ZCRWPSCH | Off | Heikonsyötön logiikka ei käytössä |
| | Echo | Kaiku käytössä |
| | Echo & Trip | Kaiku + laukaisu käytössä |
| | CB open Echo | Kaiku lähetetään vain katkaisijan ollessa auki |

Taulukkoon 3.12 toiminta-arvoilla voidaan antaa releelle ehtoja, jotta rele voisi suorittaa heikonsyötönlogiikasta tapahtuman laukaisun. Asetella voi joko tarvittavan vaihejännitteen ylittymisen tai pääjännitteen ylittymisen. Vielä tarvitaan ohjelmakytkimen valinta laukaisun suorittamiseen. Esimerkiksi ohjelmakytkimen valinnalla "kaiku + laukaisu"

rele tarvitsee molempien ehtojen täyttymisen eli SVY-viestin kaiun, kuten kuvan 3.8 viassa 1.

Kuvan 3.8 vika numero 2 havaitaan, molemmilla asemilla, koska vikavirta pääsee tällöin kulkeutumaan myös HOS-aseman distanssireleelle. KML-distanssirele lähettää SVY-signaalin HOS-distanssireleelle, että vika näkyy edessä, mutta HOS-distanssirele havaitsee vian takana ja jättää kaiuttamatta vikaa takaisin. Näin vältetään turhalta laukaisulta.

3.2.3.3 Jännitepiirin katkoksenvalvoja

VTS (Voltage Transformer Secondary)-toiminto tarkoittaa jännitepiirin katkoksenvalvojan toimintaa, joka vahtii jännitemuuntajan toisiopiiriä. Jos toisiopiiriin tulee vika, VTS-käynnistyy ja estää jännitteen muutoksen aiheuttamat virhelaukaisut. Virhelaukaisut johtuvat distanssireleen impedanssimittauksesta. Jännitteen romahtaessa distanssireleen mitaama impedanssi romahtaa, jolloin kuormitusvirtakin saattaa aiheuttaa distanssireleen laukaisun [3]. Tämän estämiseen tarvitaan katkoksenvalvoja. Katkoksenvalvojat havaitsevat uudessa REL670 releessä 1-, 2-vaiheiset viat taulukon 3.13 jänniteasetteluiden avulla. REL670 havaitsee myös 3-vaiheiset jännitepiirin katkokset, mutta parametria käytetään vain 2-pääkisko laitoksilla, joilla jännite distanssireleille valitaan kiskoerottimien kippireleillä [3,12].

Taulukon 3.13 parametrit ovat ohjelmakytkimien arvoja, koska parametreille syötetään aina vakioarvo, joka tulee ohjelmoinnin mukana, näin ollen parametreille ei ole tarvinnut

Taulukko 3.13 VTS:n havaitsemiseen käytettävät toiminto-arvot [5].

| VTS KÄYNNISTYS | | |
|----------------|------|--|
| Ohjelmakytkin | Nimi | Selitys |
| SDDRFUF | 3U0> | JM piirin katkoksenvalvojan 3U0>-asettelu. |
| SDDRFUF | 3U2> | JM piirin katkoksenvalvojan 3U2>-asettelu. |

muodostaa omaa kaavapohjaista toiminta-arvo—asettelukytkin-kombinaatiota. Taulukossa 3.13 ovat jännitteet, jotka ylittyessään lukitsevat distanssitoiminnon, jos myös taulukon 3.14 toiminta-arvot sen mahdollistavat. Jännitteet $3U0>$ ja $3U2>$, joista vain toista voidaan käyttää kerrallaan toiminta-arvon *OpModeVTS*-parametrin valinnalla. Suomen kantaverkossa on käytössä malli, jossa $3U0>$ otetaan käyttöön, jos kyseisen releen kiskolla tai kiskon takana on muuntajan tähtipiste maadoitettu. Muutoin käytetään epäsymmetriajännitettä $3U2>$. [3,12]

Jännitepiirin viassa vain jännitteessä tapahtuu muutoksia, mutta muutoksia ei tapahdu virrassa [3]. Näin ollen rele pystyy päättelemään ja käynnistämään jännitepiirin katkoksenvalvojan tilanteissa, joissa jännite muuttuu, mutta virran arvo pysyy vakiona. Siksi VTS tarvitsee virtaparametrit, jotka eivät saa ylittyä tai muutoin VTS:n käynnistyminen ja distanssilukitus estetään. Lukituksen mahdollistamiseen ja estoon käytetään taulukon 3.14 toiminta-arvoja.

Taulukko 3.14 VTS:n valvontaan käytettävät toiminta-arvot [5].

| VTS:n valvontaan käytettävät toiminta-arvot | | |
|---|--|---------------------|
| Tunnus | Selite | Kaava |
| VTS_lukitus | Lukitsee distanssitoiminnon (Päällä/Pois) | *== FSD_Operation |
| OpModeVTS | VTS:n toimintatapa, joko I0>vts/3U0> tai I2>vts/3U2> | *== OpModeFSD |
| I0>vts | Estää VTS:n, jos I0 asettelu ylittyy (1-2-vaiheinen) | *vm 3I0<*0.01*CTsec |
| I2>vts | Estää VTS:n, jos epäsymmetriavirta ylittyy (1-2-vaiheinen) | *vm 3I2<*0.01*CTsec |
| VTS 3-vaihe | Idelta-vts (Päällä/Pois) | *==OpDUDI |
| Idelta-vts | Virranmuutos, estää VTS:n ylittyessään (3-vaiheinen) | *vm DI< *0.01*CTsec |

Toiminta-arvolla *VTS_lukitus* otetaan katkoksenvalvojat käyttöön. Valvojen toimintaperiaatetta säädetään parametrilla *OpModeVTS*, jolloin päätetään käytetäänkö *I0>vts*- vai *I2>vts*-toimintoa. *I0>vts* toiminnolla mitataan nollavirran asettelun ylitystä ja *I2>vts*:llä epäsymmetriavirran ylitystä. Jos asettelu arvo ylittyy, niin jännite-epäsymmetrian aiheuttama lukitus estetään. Erillisenä voidaan valita myös 3-vaiheinen katkoksenvalvoja päälle, toiminta-arvolla *VTS 3-vaihe* ja tälle asettelu arvo *Idelta-vts*-parametrilla, joka estää ylittyessään distanssitoiminnon lukituksen 3-vaiheviassa.

Distanssitoiminto lukitaan, kun taulukon 3.13 jännitearvo ylittyy ja taulukon 3.14 *VTS_lukitus* on päällä eivätkä virrat estä lukitusta. Tällöin käyttöön tulevat VTS:n varasuojaukset taulukosta 3.15.

Taulukko 3.15 Varasuojien toiminta-arvot, kun distanssirele lukittu [5].

| VTS VARASUOJAT | | |
|----------------|--------------------------|---------------------|
| Tunnus | Selite | Kaava |
| I> | Herkkä ylivirta-asettelu | *vm I1>*0.01*CTsec |
| t> | I> aikahidastus | *== t1 |
| I>> | Karkea ylivirta-asettelu | *vm I2>*0.01*CTsec |
| t>> | I>> aikahidastus | *== t2 |
| I0> | Herkka nollavirtasettelu | *vm IN3>*0.01*CTsec |
| tI0> | I0> aikahidastus | *== t3 |
| I0>> | Karkea nollavirtasettelu | *vm IN4>*0.01*CTsec |
| tI0>> | I0>> aikahidastus | *== t4 |

Varasuojien toiminta-arvoasetteluina toimii kaksi ylivirta- ja nollavirtaporrasta. Varasuojat toimivat kunnes jännite saadaan takaisin jännitemuuntajan toisiopiiriin.

3.2.3.4 Vikapaikan mittaus

Viimeisinä distanssireleen lisätoimintoina ovat johtotiedot (taulukko 3.16). Johtotiedot tarvitaan, jotta rele kykenee päättelemään vikaetäisyyden verkossa, niin maasulku kuin oikosulkutilanteissa.

Taulukko 3.16 Releen johtotiedot [5].

| MITTAUSTIEDOT | | |
|---------------|--|-----------------------------|
| Tunnus | Selite | Kaava |
| L | Voimajohdon pituus | $*== \text{LineLengt}$ |
| R1 | Johdon resistanssi | $*== R1L$ |
| X1 | Johdon reaktanssi | $*== X1L$ |
| R0 | Johdon nolaresistanssi | $*== R0L$ |
| X0 | Johdon nolareaktanssi | $*== X0L$ |
| R1SA | Releen aseman syöttöresistanssi | $*== R1A$ |
| X1SA | Releen aseman syöttöreaktanssi | $*== X1A$ |
| R1SB | Vasta-aseman syöttöresistanssi | $*== R1B$ |
| X1SB | Vasta-aseman syöttöreaktanssi | $*== X1B$ |
| Rm0 | Keskinäisresistanssi (rinnakkaisjohdon vaikutus) | $*== R0M$ |
| Xm0 | Keskinäisreaktanssi (rinnakkaisjohdon vaikutus) | $*== X0M$ |
| S | Johdon kuormitettavuus | $S=(Jpjp0.85\cos17)/Rkuorm$ |

Distanssireleen lisätoiminnot ovat pääosin yksi yhteen asettelukytkimien kanssa. Tällöin lisätoimintojen luonti uuteen järjestelmään ei muodostu kovinkaan haasteelliseksi. Ainoana poikkeuksena on kuormitettavuus, joka kertoo kuinka suurta tehoa voidaan johdolla syöttää, jotta se ei aiheuttaisi releen aiheetonta laukaisua. Kuormitettavuutta ei käsitellä tarkemmin tämän työn puitteissa.[14]

3.3 Suunnatut maasulkutoiminnot

Suunnatuilla maasulkuasetteluilla suojataan verkkoa maasulkuvikoja vastaan. Suunnattu maasulkutoiminto tarkoittaa, että rele pystyy päättelemään vian suunnan maasulussa. Kantaverkossa käytössä on tapa, jossa virtamittauksen lisäksi suunnan havainnointiin tarvitaan jännitemittausta. Olisi myös mahdollista saada suunta pelkän muuntajan tähtipistemaadoituksen virran avulla, jolloin jännitettä ei tarvittaisi [3]. Mittaukset suunnatuille maasulkutoiminnoille otetaan kantaverkossa distanssireleen tapaan kiskon jännitemuuntajalta, ja nollavirtamittauksen rele laskee kentän vaihevirtojen summavirrasta. Ennen maasulkureleen joutui ostamaan erillisenä releenä, mutta REL670-releeseen se on integroitu, joten erillistä maasulkurelettä ei tarvita.

Suunnattua maasulkutoimintoa käytetään, koska se kykenee havaitsemaan maasulkuvikoja distanssirelettä suurempaan vikaresistanssiin asti. Tämä johtuu siitä, että suunnattu maasulkutoiminto ei joudu ottamaan huomioon distanssireleen tavoin kuormitusvirtaa, joka estää distanssirelettä havaitsemasta vikoja pidemmälle vikaresistanssin suunnassa.

Suunnatun maasulkutoiminnon asetteluille joudutaan tekemään kolme erillistä toimintoa. Ensimmäinen jako tulee siitä, käytetäänkö ensimmäisenä asetteluportaana käänteiskaista vai vakioaikaista porrasta mittaamaan normaalin verkon maasulkuja. Normaalisissa

verkossa vikavirrat ovat suuria. Suuren vikavirran aiheuttavat verkon maadoitukset, joiden kautta maasulkuvirta pääsee siirtymään. Maadoitetussa verkossa maasulkuvirrat ovat kiloampeerien luokkaa, kun vikaresistanssia ei ole. Sammutetussa verkossa vastaavasti kulkeutuvat pienet maasulkuvirrat. Tämä johtuu siitä, että sammutetun verkon maadoitustähtipisteisiin asennetaan kuristin, jonka tehtävä on sammuttaa verkossa kulkevat maasulkuviat itsestään kompensoimalla johtojen maasulkutilanteissa aiheuttamaa kapasitiivista virtaa. Virran vähyyden vuoksi suunnanmittaus on vaikeaa sammutetussa verkossa, ja tästä johtuen asetteluissa on eroa ja sammutettuun verkkoon on luotu omat maasulkutoiminnon asettelut. Näiden asetteluiden avulla releen tulee mitata maasulkuvirran pätötehoikomponenttia, joka kulkeutuu vikapaikkaa kohti.[15]

3.3.1 Suunnattu vakioaikahidasteinen maasulkutoiminto

Suunnatulla vakioaikahidasteisella maasulkutoiminnolla suojataan johtoa maasulkuviikoja vastaan. Vakioaikahidasteinen toiminto tarkoittaa yksinkertaisuudessaan, että toiminnolle annetaan virta ja aika, joiden ylittyessä rele laukaisee katkaisijansa. Esimerkiksi arvoilla 300 A ja 3 s releen tarvitsee mitata yli kolmen sekunnin ajan yli 300 ampeerin virtaa, minkä jälkeen rele antaa laukaisusignaalin katkaisijalle. Suunnatun maasulkureleen hyöty suuntaamattomaan verrattuna on verkon selektiivisyyden paraneminen. Siinä missä nollavirtarele laukaisee jokaisessa suunnassa ilmenneet viat, kykenee suunnattu maasulkurele laukaisemaan vain mittaamansa johdon suunnassa olevat viat, jolloin vika saadaan suljettua pienemmälle alueelle.

Suunnatun maasulkureleen herkünportaan toiminta-arvot on kuvattu taulukossa 3.17. Herkällä portaalla tarkoitetaan hidasta laukaisuaikaa ja alhaista virranarvoa. Tämä sopii vikoihin, jotka eivät aiheuta välitöntä vaaraa verkon laitteille, mutta jotka on saatava pois verkosta. Suunnattu maasulkutoiminnon herkkäporras asetellaan havahtumaan vikoihin aina 500 ohmiin asti, kun esimerkiksi pelkkä distanssireletoiminto havaitsee viat noin 40 ohmiin asti [13]. Distanssireleeseen integroitu suunnattu maasulkutoiminto parantaa siis selvästi vianhavainnointilaajuutta *R*-suunnassa.

Taulukko 3.17 Herkün portaan maasulkuasettelut [5].

| Herkün portaan maasulkuasettelut | | |
|----------------------------------|--|---------------------|
| Tunnus | Selite | Kaava |
| <i>IO</i> >suunta | <i>IO</i> >suunta: 1 = Eteen, 2 = Taakse, 3 = Suuntaamaton | *== DirMode1 |
| <i>IO</i> > | Herkün virtaportaan havahtuminen | *vm IN1>*0.01*CTsec |
| <i>t</i> > | Herkün virtaportaan aikahidastus | *== t1 |
| 2fLukitus <i>IO</i> > | 100 Hz kytkentävirtasalan lukitus <i>IO</i> > portaalle | *== HarmRestrained1 |

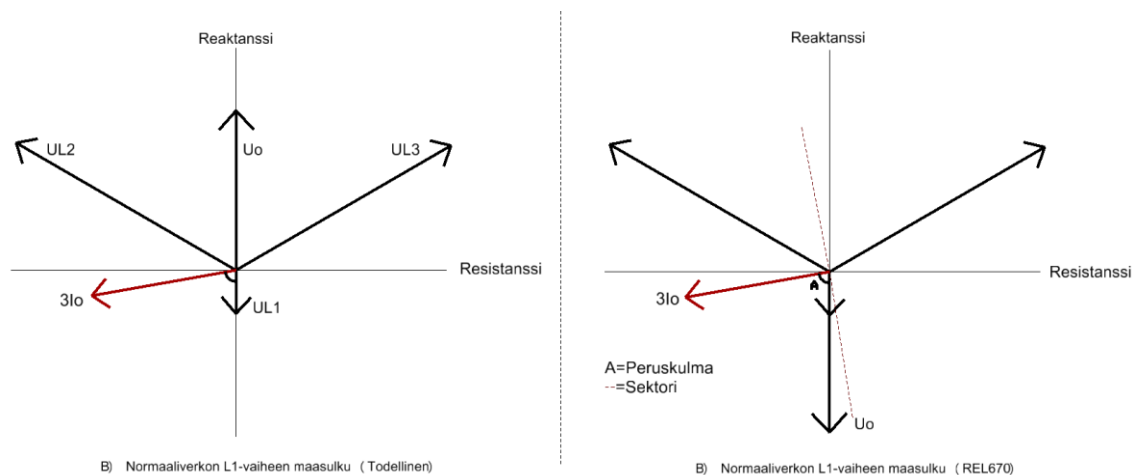
Toiminta-arvoista *IO*>*suunnalla* vaikutetaan maasulkutoiminnon tarkkailusuuntaan, joka on johdolle päin, taaksepäin kiskojen muille johdoille tai suuntaamaton, jossa herkkäporras toimii normaalina nollavirtareleena. Seuraavat kaksi parametria *IO*> ja *t*> kertovat

havahtumisvirran ja herkünportaan aikahidastuksen. Toiminta-arvo $2fLukitusIO>$ on maasulkureleen salpatoiminto. Salpatoiminnot lukitsevat releen asetellun arvon ylittyessä. Näin vältetään virhelaukaisuita. $2fLukitusIO>$ estää maasulkureleen laukaisun muuntajien kytkentäsvirrasta. Esimerkiksi jännitteistettävän johdon päässä voi olla kytkettynä tähtipisteestään maadoitettuja muuntajia, jolloin johdon palautus aiheuttaa 100 Hz taajuisia nollavirtaa [3,12]. 100 Hz salpa mittaa jatkuvasti suodattamatonta nollavirtaa ja on näin myös apuna pienvirtaisissa maasuluissa [3,12]. Asetellun 100 Hz virta-arvon ylityessä salparele lukitsee asettelijan valitsemat suunnatun maasulkureleen portaat estäen tarpeettomat katkaisijan laukaisun.

Toisella portaalla tarkoitetaan karkean portaan asetteluita, jotka ovat vastaavia taulukon 3.17 kanssa, mutta ne on merkitty merkinnällä $IO>>$. Karkean portaan tarkoitus on katkaista suuret nollavirrat nopeasti verkosta, jotta esimerkiksi maahan ei pääsisi kulkeutumaan pitkäksi aikaa ihmiselle vaarallista virtaa. Karkeanportaan asetteluista nollavirta-arvo on suuri ja aikahidastus pieni.

Maasulun suuntatieto perustuu nollavirran ja nollajännitteen kulmaeroon. Kolmivaihejärjestelmässä jokaisen vaiheen jännitteet muodostavat 120-asteisen kulmaeron toisiinsa. Verkon maasulussa viallisen vaiheen jännite resistanssittomassa tilanteessa katoaa. Kyseiselle jännitteelle muodostuu vastakkaiseen suuntaan nollajännite, joka on vaihejännitteen suuruinen. Kuvassa 3.9 on L1-vaiheen maasulku. Maasulkupiirissä on vähän resistanssia, minkä vuoksi vektorikuvaajassa muodostuu hiukan U_{L1} jännitettä. Tällöin U_0 ja U_{L1} ovat yhdessä terveen vaiheen jännitteen suuruisia, koska $3U_0 = U_{L1} + U_{L2} + U_{L3}$. Maasulkupiirissä muodostuu myös nollavirtaa, joka maadoitetussa verkossa on jäljessä viallisen vaiheen jännitettä. Rele mittaa tätä kulmaa pohtiessaan maasulkuvian suuntaa.

Kuvasta 3.9 nähdään, että tavanomaiseen tapaan REL670 kääntää nollajännitteen viallisen vaihejännitteen suuntaiseksi ja mittaa tämän avulla nollajännitteen ja nollavirran kulmaeron.



Kuva 3.9 L1-vaiheen maasulku normaalissa sähköverkossa. A) verkossa näkyvä B) REL-670 havaitsema [7,13].

Maasulku suurella vikaresistanssilla on releelle vaikea, koska tällöin viallinen vaihejännite on suuri ja nollajännite voi olla havaitsemattoman pieni. Suomessa tilanteeseen ei kuitenkaan päädytä ilman puuvikaa, sillä vaikka 400 kV:n verkko on tehollisesti maadoitettu, niin se on mitoitettu siten, ettei nollajännite jää havaitsemattoman pieneksi.[3,15]

Maadoitetun verkon suunta-asettelut löytyvät taulukosta 3.18. Ensimmäisinä aseteltavina arvoina ovat $I_{0suunta}$ ja $U_{0>}$, joiden avulla rele tarkistaa, voiko suunnanmittaukseen luottaa. Nollavirran tai nollajännitteen ollessa aseteltua pienempi ei kyseisistä arvoista kykene päättämään vian suuntaa. Tällöin suunnattu maasulkureletoiminto jättää laukaisematta.[12]

Taulukko 3.18 Suunnatun maasulkureleen asettelut [5].

| Suunnanmittauksen asettelut | | |
|-----------------------------|---------------------------------|---|
| Tunnus | Selite | Kaava |
| $I_{0suunta}$ | Suunnanmittauksen minivirta | $*_{vm} IN > Dir * 0.01 * CTsec$ |
| $U_{0>}$ | Suunnanmittauksen minimijännite | $*_{jm} U_{PolMin} * 0.0019245 * VTsec$ |
| Peruskulma | Suunnanmittauksen peruskulma | $*-AngleRCA$ |

Toiminta-arvolla *Peruskulma* säädetään kulmaa, jonka verran nollavirta on normaalisti maasulun sattuessa jäljessä nollajännitettä. *Peruskulmasta* rele piirtää automaattisesti sektorin 86 astetta molempiin suuntiin, joissa nollavirran oletetaan liikkuvan. Nollavirran kulman osuessa sektorin sisään toteaa toiminto vian olevan edessä eikä takana. Tähän perustuu maasulunsuuntamittaus [12].

Suunnatulle vakioaikaiselle maasulkureleelle tulee asettaa vielä siirtoviestiyhteyden hidastus. Vähintään toisessa saman kentän distanssireleessä tulee käyttää suunnatun maasulkureleen yhteydessä viestiyhteystoimintoa vasta-aseman kanssa. Viestiyhteyssignaaleille tulee asettaa oma hidastuksensa (taulukko 3.19), joka estää turhien laukaisujen

Taulukko 3.19 Siirtoviestiyhteyden hidastus [5].

| Siirtoviestiyhteyden hidastus | | |
|-------------------------------|-------------------------------|--------------------|
| Tunnus | Selite | Kaava |
| t_{SVY} | Siirtoviestiyhteyden hidastus | $*_{==} t_{Coord}$ |

tapahtumista. Tämä asetellaan toiminta-arvolla t_{SVY} . REL670-rele toimii siten, että kun maasulkutoiminto havaitsee vian johdolla, rele lähettää jatkuvaa viestiyhteyssignaalia vasta-aseman releelle, jonka tulee kestää t_{SVY} :n pituinen aika. Samalla vasta-aseman releen tulee lähettää t_{SVY} :n pituinen signaali REL670-releelle. Kun molemmat releet lähettävät riittävän ajan signaalia, todetaan vian olevan edessä ja toiminnot laukaisevat johdon pois verkosta.

3.3.2 Suunnattu käänteisaikahidasteinen maasulkutoiminto

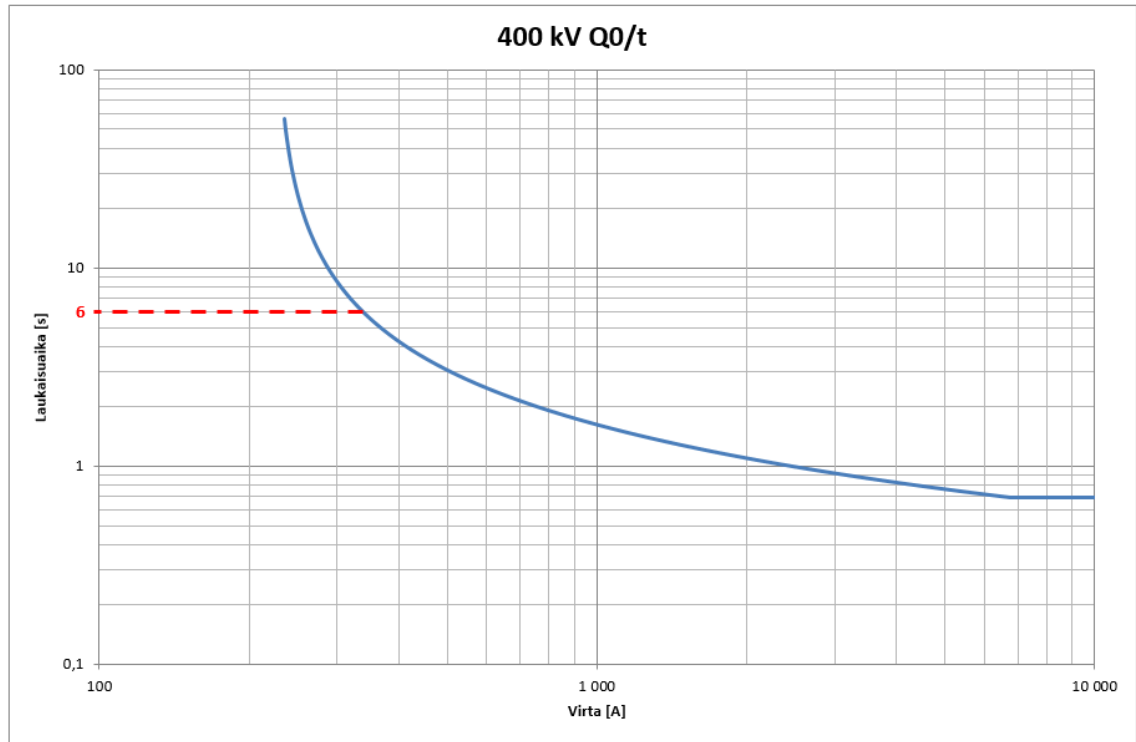
Suunnatulla käänteisaikahidasteisella maasulkutoiminnolla on samanlaiset parametrit kuin suunnatulla vakioaikaisella maasulkutoiminnolla. Tästä johtuen toiminta-arvot ovat myös samat, poikkeuksena herkän portaan asettelut, jotka ovat ensimmäisessä käänteisaikahidasteiset. Toiset portaat ovat molemmissa vakioaikaiset, jolloin karkean portaan toiminta-arvoilla ei ole eroja.

Herkän käänteisaikaan toiminta-arvot ovat taulukossa 3.20. Taulukossa neljä ensimmäistä arvoa määrittää laukaisukuvaajan kuvassa 3.10 ja viimeinen toiminta-arvo kertoo toiminnon minimitoiminta-ajan.

Taulukko 3.20 Käänteisaikaan toiminta-arvot [5].

| Käänteisaikaan asettelut | | |
|--------------------------|---|------------------------|
| Tunnus | Selite | Kaava |
| $I0>suunta$ | $I0>>suunta$: 1 = Eteen, 2 = Taakse, 3 = Suuntaamaton | *== DirMode1 |
| $I0>$ | Käänteisaikaan havahtumisvirta | *vm IN1>*0.01*CTsec |
| $tmin>$ | Käänteisaikaisen portaan minimi toiminta-aika | *== t1Min |
| Käyrä | 1=Extremely inverse, 2=Very inverse, 3=Normal inverse, 4=Long time inverse | *== Characterist1(IEC) |
| k | Käänteisaikaan aikakerroin | *== k1 |

Toiminta-arvolla $I0>$ valitaan pienin virta, jolla maasulkutoiminnon on herättävä ja toiminta-arvolla $tmin>$ valitaan pienin toimintahidastus, joka suunnatulla maasulkureleelle vähintään kuluu laukaisun lähettämiseen. Parametreilla $I0>$, $Käyrä$ ja k määritetään käänteisaikaan laukaisukäyrä. Kuvassa 3.10 on yksi esimerkki kyseisten parametrien piirtämästä laukaisukuvaajasta.



Kuva 3.10 Käänteisaikakäyrä arvoilla: Käyrä = Normal inverse, $k = 0,35$ ja $I_{0>} = 225$ A [16].

Kuvasta 3.10 nähdään, että sininen laukaisukäyrä lähtee piirtymään toiminta-arvosta $I_{0>}$. Parametri *Käyrä* ja k vaikuttavat laukaisukäyrän jyrkkyyteen. Kuvasta havaitaan, että esimerkiksi 7 kA:n virta laukeaa 0,7 sekunnissa ja tästä eteenpäin laukaisuaika ei muutu vikavirran kasvaessa. Näin ollen kuvan 3.10 käänteisaikakäyrän minimi laukaisuaika on 0,7 sekuntia.

3.3.3 Suunnattu vakioaikainen maasulkutoiminto sammutettuun verkkoon

Sammutetuissa verkoissa maasulut pyritään saamaan itsestään sammuviksi asettamalla muuntajan tähtipisteeseen maasulkukuristin, jonka tarkoituksena on kompensoida maasulkuvirta kokonaan. Tästä johtuen nollavirrat ovat pieniä ja maasulun suunta hankala määrittää. Tämän vuoksi sammutetun verkon asettelu poikkeavat normaalista verkosta. Suurimmat asetteluerot tulevat toiminata-arvojen *sektori* ja *kulmakorjaus* asetteluissa, eli nollajännitteen ja -virran eron tulkinnassa. Toiminta-arvot näkyvät taulukossa 3.21. Maasulut pyritään havaitsemaan nollavirran pätötehokomponentista. Tämän helpottamiseksi sammutuskelan rinnalle on kytketty resistanssi, jotta pätötehokomponenttia muodostuisi helpottamaan maasulunsuuntareleen toimintaa [15].

Taulukko 3.21 Suunnan asettelu sammutettuun verkkoon [5].

| Sammutetun verkon suunnan asettelu | | |
|------------------------------------|-----------------|-------------------------|
| Tunnus | Selite | Kaava |
| Sektori | Toimintasektori | $*== \text{ROADir} * 2$ |
| Kulmakorjaus | Kulmankorjaus | RCAComp |

Peruskulma kuvaa nollajännitteen ja nollavirran eroa, kuten suunnatun vakiaikahidasteisen maasulkutoiminnon tapauksessa kuvassa 3.9. Samalla *Peruskulma* piirtää sektorin (kuvan 3.9 punainen katkoviiva), joka sammutetussa verkossa on 178-asteen kulmassa. Toiminta-arvon *Sektor*i avulla pystytään muokkaamaan sektorin laajuutta isommaksi tai pienemmäksi tilanteesta riippuen. Toiminta-arvolla *Kulmakorjaus* pyritään minimoimaan virtamuuntajan ja releenmittauksen virheet kääntämällä sektoria positiiviseen tai negatiiviseen suuntaan. *Kulmankorjaus* asetellaan mittausten ja maasulkukokeen perusteella [3,12].

Viimeisellä asettelulla pyritään varmistamaan katkeilevan maasulun katkaisu verkosta taulukon 3.22 toiminta-arvon *tpalautus* avulla. Yleisesti sammutetussa verkossa halutaan, että maasulku katkeaa itsestään. Välillä verkossa sattuu kuitenkin katkeilevia maasulkuja, jotka aiheuttavat virta ja jännitepiikkejä verkkoon. Katkeilevaa maasulkua muodostaa esimerkiksi ukkosjohdon päälle kasautunut lumi, joka painaa ukkosjohdinta lähelle vaihejohdinta. Ukkosjohtimen heiluessa vaihejohtimen lähellä syntyy katkeilevaa maasulkua [3].

Taulukko 3.22 Katkeileva maasulku. Sammutetussa verkossa [5].

| Katkeileman maasulun asettelu sammutetussa verkossa | | |
|---|---------------------------|--------------|
| Tunnus | Selite | Kaava |
| tpalautus | Ajanjakson palautumisaika | $*== tReset$ |

Normaalisti katkeileva maasulku nollaa aikahidastuslaskurin suoraan, jolloin toiminnolle aseteltu aika-arvo esimerkiksi 3 sekuntia ei ehdi täyttyä. Toiminta-arvoon *tpalautus* asetetaan aika, jolloin vika-aikaa ei nollata vaan vian uudelleen iskiessä *tpalautus*-ajan sisällä vika-aika jatkuu alkuperäisestä. Tällöin katkeileva maasulku kasvattaa aika-arvoa ja vika saadaan laukaistua pois verkosta.

3.4 Salpatoiminnot

Salpatoiminnot ovat lukitsevia toimintoja, jotka pysäyttävät tarkastelemansa rele toiminnon virhelaukaisujen estämiseksi. REL670 sisältää kahdentyypisiä salpareleitä: heilahtelusalpatoiminnon ja kytkentävirtasalpatoiminnot. Vanhemmat sähkömekaaniset ja staattiset releet sisälsivät vain toisen salpatoiminnon, jolloin asemalle tarvittiin kaksi kappaletta releitä pelkästään salpatoimintoja varten. REL670 releeseen on integroitu molemmat toiminnot.

3.4.1 Heilahtelusalpatoiminto

Heilahtelusalpatoiminnon tehtävänä on lukita distanssitoiminto verkon tehoheilahtelujen aikana; esimerkiksi suuren generaattorin tai kuorman irtautuessa verkosta tai oikosulun jälkitilanteessa. Heilahtelu on yleisesti symmetrinen 3-vaiheinen tilanne.[3,12] Vaiheen heilahteluja tapahtuu myös 1-vaiheisen PJK:n yhteydessä, mutta näissä tilanteissa uudet

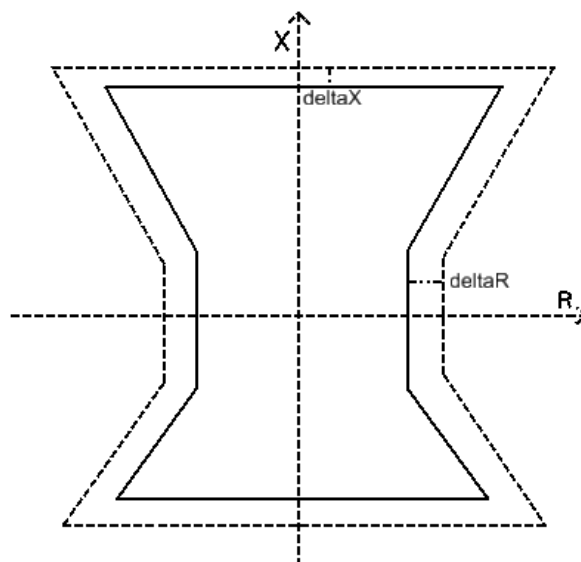
releet kykenevät ottamaan lukituksen pois ja näkemään uuden vian nopean virranmuutoksen seurauksena. [12]

Heilahtelusalpatoiminnon periaatteena on mitata, kuinka nopeasti impedanssi siirtyy heilahtelusalvan uloimmalta rajalta sisemmälle rajalle. Tyypillinen vakio aika-asettelu on 50 ms, jonka aikana ohituksen on tapahduttava. Jos impedanssi viipyy rajojen sisällä pidemmän aikaa kuin 50 ms, on kyseessä tehonheilahtelu. Tällöin heilahtelusalpa lukitsee distanssitoiminnon. Tässä yhteydessä tehoheilahteluilla tarkoitetaan alueiden välisiä heilahtelutaluuksia, jotka ovat alle 1 Hz, jolloin yksittäisten generaattorien tehonheilahteluilla ei ole merkitystä.

Heilahtelusalvan toimintaperiaate selventyy parhaiten distanssireleen vyöhykekuvaajasta 3.11, jonka oikea kuva on tarkennettu taulukon 3.23 toiminta-arvojen avulla. Oikeanpuoleisessa kuvassa näkyy heilahtelusalvan sisempi ja ulompi raja.

Taulukko 3.23 Heilahtelusalvan sisemmän ja ulomman havahtumisalueen asettelut [5].

| Heilahtelusalvan sisemmän ja ulomman havahtumisalueen asettelut | | |
|---|---|----------------|
| Tunnus | Selite | Kaava |
| XP< | Sisempi X-havahtumisraja | $*== X1nFw$ |
| RP< | Sisempi R-havahtumisraja | $*== R1FnFw$ |
| FiiL | Kuvion kulma kuormitusalueen ulkopuolella | |
| Rkuorm> | Ulomman kuvion R-ulottuma kuormitusalueella | $*== RLdOutFw$ |
| KR | Sisempi Rkuorm< -havahtumisraja kerroin | $*== kLdRFw$ |
| FiiKuorm | Rkuorm> asettelu vaikutusalue | $*== ArgLd$ |



Kuva 3.11 Tarkennettu heilahtelusalvan sisempi ja ulompi piirtoalue.

Parametreilla $XP<$, $RP<$, $FiiL$, $FiiKuorm$ määritellään heilahtelusalvan sisempi raja. Sisempi raja optimoidaan kattamaan distanssireleen laajan vyöhyke, jokaisessa suunnassa. Parametreilla $Rkuorm>$ ja KR määritetään ulomman rajan etäisyys sisemmästä rajasta,

rajat eivät saa osua kuormitusvirran alueille, jotta rele ei lukitse turhaan distanssitoimintoa.

Heilahtelusalpatoimintoon asetellaan vielä aikaparametrit ja virrat, jotka ovat taulukossa 3.24. Taulukon parametreista toiminta-arvoon t määritetään, kuinka pitkän aikaa impedanssi saa viipyä heilahtelusalvan sisemmän ja ulomman alueen sisällä ennen distanssitoiminnon lukitusta.

Taulukko 3.24 Heilahtelusalpatoiminnon aikaparametrit ja virrat [5].

| Heilahtelusalpatoiminnon aikaparametrit ja virrat | | |
|---|--|---------------------------|
| Tunnus | Selite | Kaava |
| t | Kyseessä on heilahtelu jos impedanssi viiptyy rajojen sisällä kauemmin | $*== tP1$ |
| tB | Lukituksen kesto aika ilman uutta havahtumista | $*== tR2$ |
| $lBase$ | Releen virtamuuntajan ensiövirtaa | $*vm CTsec$ |
| $lmin$ | Pienin toimintavirta | $*vm lMinOpPE*0.01*CTsec$ |

Toiminta-arvoon tB määritetään lukituksen kesto aika. Viimeiseen kahteen virtaparametriin määritetään releen virtamuuntajan ensiövirta ja pienin toiminta-virta, jonka tulee ylittyä, jotta distanssitoiminnon lukitus sallitaan.

3.4.2 Kytkentävirtasalpatoiminto

Kytkeävirtasalpareleen tarkoituksena on estää maasulkureleen laukaisu muuntajien kytkentäsysäysvirrasta. REST:ssä on käytössä vain yksi toiminta-arvo kytkentävirtasalpatoiminnolle $I2f/I_f$, joka mittaa virran 100 Hz taajuuden prosenttimäärää [5]. Prosenttimäärän ylittyessä kytkentävirtasalpatoiminto estää maasulkutoimintoa laukaisemasta katkaisijaa.

Toiminto on rakennettu kahdesta syystä REST:n. Ensimmäisenä syynä ovat historialliset syyt. Ennen kytkentävirtasalparele oli omana releenä, joten oli normaalia asettaa releelle omat toiminta-arvonsa. Toinen syy on REST:n rakenne, ylimääräisen toiminnon lisääminen on helpoin tapa havainnoida suojauskohteen sisältämiä toimintoja. Nykyisessä IPS-rakenteessa toiminnon käyttö kohteessa havaitaan helpommin, ja sen vuoksi kytkentävirtasalvan ainoa toiminta-arvo kyetään liittämään maasulkutoimintojen yhteyteen parametrien $2fLukitusIO$ perään. Näin ollen erillistä kytkentävirtasalpatoimintoa ei enää tarvita uusien digitaalisten releiden yhteydessä. IPS-järjestelmän rakenne on kuvattuna tarkemmin luvuissa 4 ja 5.

3.5 Jälleenkytkentä ja tahdistustoiminnot

Jälleenkytkentä ja tahdistustoiminnot huolehtivat viallisen johdon tai verkon uudelleen kytkemisestä kantaverkkoon vikatilanteen jälkeen. Jälleenkytkentä on automatisoitu toiminto, joka pyrkii jännitteettömällä ajallaan saamaan vian häviämään verkosta, kun taas

tahdistustoiminnot pyrkivät jälleenkytkennän jälkeen saamaan viallisen johdon takaisin käyttöön. Tahdistustoiminnot mahdollistavat myös jännitteenannon jännitteettömään johtoon tai kiskoon.

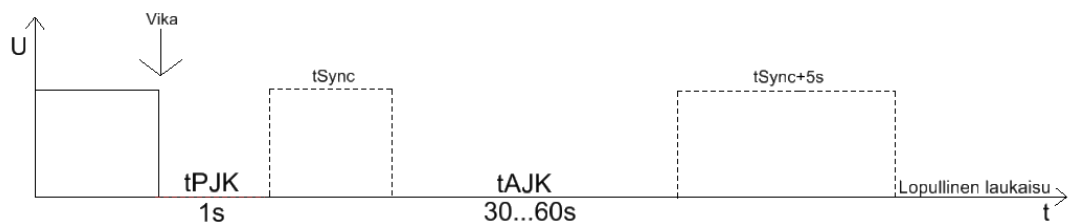
3.5.1 Jälleenkytkentätoiminto

Jälleenkytkentätoiminnon tarkoituksena on saada hetkellinen vika poistumaan verkosta itsestään verkon jännitteettömän ajan kuluessa. Jos jälleenkytkennän aikana vikaa ei saada poistumaan verkosta, johto joudutaan partioimaan miesvoimin ja katsastamaan vi- kapaikka erilaisten vianpaikannusvälineiden avulla.

Jälleenkytkentöinä käytetään pikajälleenkytkentää (PJK) ja aikajälleenkytkentää (AJK). PJK:lla ja AJK:lla kuvataan jännitteetöntä aikaa, jonka johdon molemmat katkaisijat ovat avattuina. Taulukossa 3.25 ja kuvassa 3.12 on kuvattuna jälleenkytkennän toimintaperi- aate.

Taulukko 3.25 Jälleenkytkennän asettelut [5].

| Jälleenkytkentätoiminnon asettelut | | |
|------------------------------------|---|-----------------|
| Tunnus | Selite | Kaava |
| PJK | PJK käytössä 1=on, 0=ei | |
| tPJK | PJK:n jännitteetön aika | $* == tPJK$ |
| AJK | AJK käytössä 1=on, 0=ei | |
| tAJK | AJK:n jännitteetön aika | $* == t2_3Ph$ |
| tluk | JK:n jälkeinen aika, joka pitää vikaa alkuperäisenä | $* == tReclaim$ |
| t_tvalv_odotus | Tahdistusehtojen pisin sallittu odotusaika | $* == tSync$ |
| t_lop.lauk. | Lopullisen laukaisun hidastusaika | $* == tUnsucCl$ |



Kuva 3.12 Jälleenkytkennän aikajana.

Ensimmäisen vian sattuessa verkkoon JK-toiminto tekee PJK:n, jonka toiminta-arvolle $tPJK$ asetellaan nykyään 110 kV:n verkkoon 1 sekunnin jännitteetön aika, 400 kV:lla 2,4—2,6 sekuntia. PJK:n aikana toivotaan, että vian aiheuttanut syy esim. salaman aiheuttama valokaari saadaan sammumaan, minkä jälkeen verkko olisi taas käytössä. Ionisaation poistumiseen riittäisi lyhempikin aika (0,4 s), mutta pidemmästä väliajasta on enemmän hyötyä PJK:n onnistumisen kannalta. 400 kV:n verkossa pidemmällä väliajalla pyritään vähentämään verkon tehonheilahteluita pysyvässä viassa, ja 110 kV:n verkossa johtoon liittyvät voimalaitokset ehtivät erota johdosta pidemmällä väliajalla [3]. Mitoi-

tussääntöjen mukaan verkon tulee sietää minkä tahansa johdon pysyvä vika $n-1$ periaatteen mukaisesti. PJK-ajan kuluttua tahdistuksentralvoja tarkistaa tahdistusehdot katkaisijan molemmin puolin asetellun $tSync$ -ajan.

PJK:n epäonnistuttua vuoron saa AJK, jonka jännitteettömäksi ajaksi asetellaan $tAJK$ -aika 30—60 sekunnin väliltä. Normaaleilla johdoilla asetellaan 30 sekuntia ja sarjakompensoiduilla johdoilla 60 sekuntia.[7] AJK:n jälkeen $tSync$ pyrkii jälleen tarkistamaan onnistuuko verkkojen tahdistus. Jos tahdistus ei onnistu, odotetaan vielä $t_{lop.lauk}$ ajan, minkä jälkeen JK-toiminto pysäyttää kokonaan JK:n tapahtuman. Tämän jälkeen partio tulee lähettää haravoimaan johtopätkää ja etsimään vikaa verkosta.

Vielä yhtenä toiminta-arvona asetellaan $tluk$, johon määritetään aika, joka käynnistyy onnistuneen PJK:n tai AJK:n jälkeen. Toiminta-arvo $tluk$ pitää vikaa samana, jos uusi vika ilmestyy katkaisijan kiinnilaitoin jälkeen $tluk$ ajan sisällä. Näin ollen rele siirtyy vuorossa seuraavana olevan JK:n suorittamiseen. Onnistuneen PJK:n jälkeen sattuneessa viassa $tluk$ sisällä siirrytään suoraan AJK:n ja onnistuneen AJK:n jälkeen sattuneessa viassa $tluk$ sisällä siirrytään suoraan lopulliseen laukaisuun. Toiminta-arvolla vältytään jatkuvalta JK-toiminnon käynnistymiseltä.

3.5.2 Tahdissaolonvalvoja

Tahdissaolonvalvojan tehtävä on tarkastaa JK-tilanteissa, ovatko jännitevektorit katkaisijan molemmin puolin aseteltujen arvojen sisällä tai kyetä kytkemään katkaisija jännitteettömään johtoon. Tahdissaolonvalvojaa käytetään automaattisissa jälleenkytkennöissä. Tämä tapahtuu taulukossa 3.26 olevilla toiminta-arvoilla.[18]

Taulukko 3.26 Tahdissaolonvalvojan asetellut [5].

| Tahdistuksentralvojan asetellut | | |
|---------------------------------|---|---------------------|
| Tunnus | Selite | Kaava |
| UBase | Jännitemuuntajan ensiön pääjännite | $*== UBase$ |
| dU | Suurin sallittu jännite-ero | $*== UDiffSC$ |
| dFii | Suurin sallittu kulmaero | $*== PhaseDiffA$ |
| df_JK | Suurin sallittu taajuusero | $*== FreqDiffA$ |
| df_käsin | Suurin sallittu kulmaero käsin kytkettäessä | $*== FreqDiffM$ |
| df_saaren_tunnistus | Saareketilanteen tunnistus | $*== FreqDiffMin$ |
| df_saari | Suurin sallittu taajuusero saareketilanteessa | $*== FreqDiffMax$ |
| U _{on} | Jännitteellisuuden toteaminen | $*== UHighBusSC$ |
| U _{ei} | Jännitteettömyyden toteaminen | $*== ULowLineEnerg$ |
| t | tahdistusaika | $*== tSCA$ |

Ensin tulee syöttää jännitemuuntajan nimellisjännite, minkä jälkeen syötetään jännitevektorien vertailuun tarvittavat toiminta-arvot. Tahdissaolonvalvoja tarkistaa katkaisijan molemmilta puolilta jännite-eron dU , kulmaeron $dFii$ ja taajuuseron df_{JK} , joiden tulee olla aseteltujen arvojen sisällä.

Seuraavaa kolmea toiminta-arvoa $df_k\ddot{a}s\ddot{a}sin$, $df_saaren_tunnistus$ ja df_saari käytetään vain tahdistintoiminnon yhteydessä, mutta ne on luotu myös tahdistuksensivalvojaan. Tahdistuksensivalvojaissa parametrit jätetään vain tyhjiksi. Käsien kytkennässä $df_k\ddot{a}s\ddot{a}sin$ kulmaeron annetaan olla pienempi kuin automaattisessa kytkennässä, koska automaattinen kytkentä tehdään JK:n jälkeen, jolloin verkossa tapahtuu jännitteen ja kulman heilahteluja. Sekä tahdissaolonvalvojalla, että tahdistimella on asettelut taajuuserolle, kun saarekeverkko halutaan yhdistää kantaverkkoon. Saarekeverkko yhdistetään kantaverkkoon, koska saarekeverkon jännitettä on helpompi säätää. Saarekeverkolla tarkoitetaan tilannetta, jossa verkko on irrallaan kantaverkosta. Ensin $df_saaren_tunnistus$ toiminta-arvoon asetellaan taajuus, jolla tunnistetaan, onko liitettävä verkko saarekkeessa. Jos verkko ei ole saarekkeessa toiminta-arvolle df_saari asetellaan taajuusero, joka tarkistaa voiko verkot liittää yhteen. Saarekkeen tapauksessa rele odottaa oikeaa kytkentähetkeä. Saareketilanteita ovat myös Ruotsin ja Suomen väliset vaihtosähköyhteydet, kun verkkoja halutaan liittää toisiinsa. Saarekeverkolle asetellaan suuremmat raja-arvot kuin normaalin verkon yhdistykselle. Suurta saarekettä tahdistettaessa asetellaan pienempi sallittu taajuusero kuin pientä saarekettä tahdistettaessa.[3,12,18]

Toiminta-arvoilla U_{on} ja U_{ei} toiminto tarkistaa kytketäänkö verkkoa jännitteelliseen vai jännitteettömään johtoon. Rele olettaa johdon jännitteelliseksi, kun jännite on yli U_{on} asettelun, ja jännitteetön, kun se alittaa U_{ei} asettelun. Toiminta-arvoille asetellaan usein arvot 70 % ja 30 % verkon nimellisjännitteestä. Viimeinen parametri t kertoo tahdistuksensivalvojan tahdistusajan, kuinka kauan verkkoja pyritään liittämään toisiinsa. [2,18]

Kun asemalla on tahdissaolonvalvoja käytössä, toteutetaan jälleenkytkennän yhteydessä johdon jännitteellistäminen verkkoon kuvan 3.13 mukaisella tavalla.



Kuva 3.13 Johdon jännitteistäminen verkkoon tahdissaolonvalvojan avulla.

Kuvan 3.13 mukaisesti asetetaan toisen aseman tahdissaolonvalvojaan jännitteen anto ja toiseen jännitteen yhdistys. Jännitteen antoon asetellaan lyhempi aika, jonka seurauksena katkaisija kytketään jälleenkytkennän yhteydessä jännitteettömään johtoon. Jännitteen anto kykenee suorittamaan katkaisijan sulkemisen jännitteelliseen tai jännitteettömään johtoon. Jännitteellistämisen jälkeen pidemmän ajan omaava toisen aseman tahdissaolonvalvoja tahdistaa verkon jännitteelliseen johtoon. Kantaverkossa kaikki 400 kV ja 220 kV

johtokentät sisältävät tahdissaolonvalvojan. Tämä tarkoittaa, että vikaa vasten tehdään pahimmassa tapauksessa vain 2 kytkentää. Vikaa vasten kytkentä aiheuttaa muun muassa muuntaja käämitysten löystymistä oikosulun vaikutuksesta. 110 kV:lla suurin osa asemista toimii ilman tahdissaolonvalvojaa. Näillä asemilla jälleenkytkennän yhteydessä katkaisijat liittävät johdon verkkoon samanaikaisesti. 110 kV:lla jännite tulee antaa molemmista päistä, koska 110 kV:n verkossa on johdinvarsiasiakkaita, jonka vuoksi jännite tulee saada nopeasti verkkoon. Huonona puolena samanaikaisuudessa on, että pahimmassa tapauksessa vikaa vasten tehdään neljä kytkentää eli molempien päiden PJK+AJK.

3.5.3 Tahdistin

REL670 releessä on integroituna myös tahdistintoiminto, joka huolehtii tahdistuksesta käsin kiinniohjauksen yhteydessä, siksi tahdistin sisältää lähes vastaavat toiminta-arvot ja asettelukytkinparametrit tahdistuksentralvojan kanssa. Tämä voidaan nähdä tahdistimen toiminta-arvo -taulukosta 3.27. Suurin ero käsin kytkennän ja automaattisen kiinniohjauksen välillä on toimintatavassa. Käsinohjauksessa tahdistin ohjataan käsin kytkeämään verkkoon, minkä jälkeen tahdistin saa aikaa 10 minuuttia aikaa toteuttaa tahdistuksen, kun automaattisessa ohjauksessa aika on noin 80 sekuntia. Kyseinen 10 minuuttia asetellaan tahdistimien toiminta-arvoon t . Käsinohjauksessa 10 min aika varmistaa sen, että tahdistus ei unohdu päälle [3].

Taulukko 3.27 Käsin tahdistuksen asettelut [5].

| Tahdistin asettelut | | |
|---------------------|---|-------------------|
| Tunnus | Selite | Kaava |
| UBase | Kiskonpuolen jännitemuuntajan ensiön pääjännite | *== UBase |
| dU | Suurin sallittu jännite-ero | *== UDiffSC |
| dFii | Suurin sallittu kulmaero | *== PhaseDiffM |
| df | Suurin sallittu kulmaero käsinkytkettäessä | *== FreqDiffM |
| df_saaren_tunnistus | Saareketilanteen tunnistus | *== FreqDiffMin |
| df_saari | Suurin sallittu taajuusero saareketilanteessa | *== FreqDiffMax |
| U _{on} | Jännitteellisuuden toteaminen | *== UHighBusSC |
| U _{ei} | Jännitteettömyyden toteaminen | *== ULowLineEnerg |
| t | tahdistusaika | *== tSCM |

Muut parametrien eroavaisuudet ovat $dFii$, df , joiden asettelukytkimessä lukee *PhaseDiffM* ja *FreqDiffM*. Näissä kirjain *M* tarkoittaa manuaalista toimintaa eli käsin kytkentää. Muutoin parametrit ovat samat tahdistuksentralvojan kanssa, ja siten kyseiset toiminnot voidaan yhdistää uuteen järjestelmään yhdeksi toiminnoksi, joka sisältää sekä manuaalisen että automaattisen tahdistuksen. Vanhoissa releissä tahdistin- ja tahdissaolonvalvoja-toiminnot olivat erillisinä fyysisinä releinä, jolloin yhdistys toteutetaan vain uusien digitaalisten releiden osalta. Uusissa asennuksissa tahdissaolonvalvoja on osa johdosuojausta, ja tahdistus on kenttäyksikössä [13].

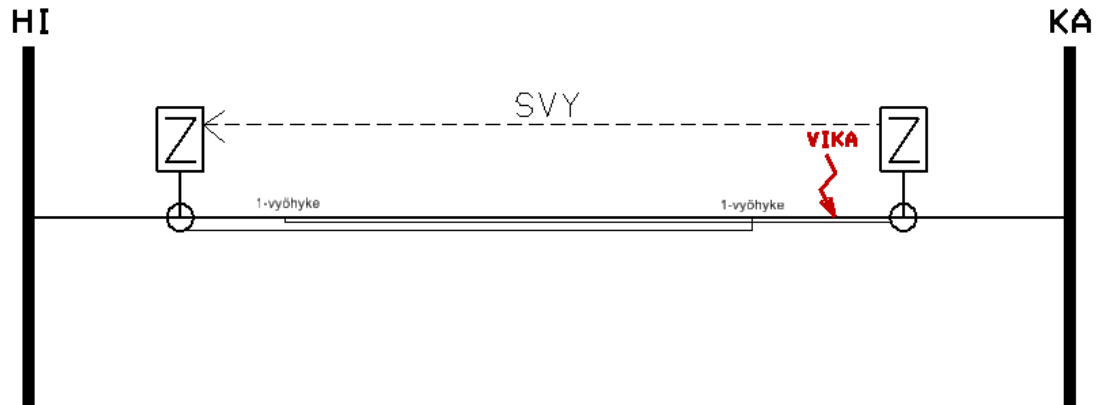
3.6 Viestiyhteystoiminnot

Viestiyhteystoimintoja käytetään ohjelmakytkimien kanssa. Kun asettelija valitsee ohjelman ohjelmakytkimille, hän valitsee ohjelman halutun viestiyhteystoiminnan perusteella. Tämän vuoksi viestiyhteystoiminnot sisältyvät myös tähän työhön. Viestiyhteydellä tarkoitetaan tässä yhteydessä REL670-johtokentän relettä, joka on siirtoviestiyhteydessä vasta-aseman releeseen. Vika-aika pyritään viestiyhteystoiminnon avulla saamaan viiveettömäksi koko johdon pituudelta. Viestiyhteystoiminto mahdollistaa siis katkaisijan selektiivisen ja nopean laukaisun. Kantaverkossa on käytössä viisi erilaista viestiyhteystoimintoa, jotka ovat salliva aliulottuva toiminto (permissive underreach transfer trip, PUTT), salliva yliulottuva toiminto (permissive overreach transfer trip, POTT), suora keskinäislaukaisu (direct transfer trip, DTT), lukitseva toiminto ja luvussa 3.2.3.2 käyty heikonsyötönlögiikka. Siirtoviestiyhteys tyyppi valitaan REST:ssä ohjelmakytkimeltä *ZCPSCH: Scheme Type* (kuva 3.14). Seuraavassa selvennetään siirtoviestiyhteyksien toimintaa.

| No | J | Yksikkö | Nimi | Asento | Asennon vaikutus |
|------|---|---------|---------------|--------------|--|
| zc00 | | ZCPSCH | Operation | Off | SVY ei ole käytössä. |
| zc01 | | ZCPSCH | Scheme Type | Intertrip | Suora SVY-laukaisu ilman vastaanottoel |
| zc02 | | ZCPSCH | IN-CACC | PermissiveUR | Salliva aliulottuva SVY-toiminto. |
| zc03 | | ZCPSCH | IN-CSUR | PermissiveOR | Salliva yliulottuva SVY-toiminto. |
| zc04 | | ZCPSCH | IN-CSOR | Blocking | Lukitseva SVY-toiminto. |
| zc05 | | ZCPSCH | IN-CSBLK | | |
| zc06 | | ZCPSCH | IN-CSNBLK | | |
| zc07 | | ZCPSCH | tCoord | | |
| zc08 | | ZCPSCH | tSendMin | | |
| zc08 | | ZCPSCH | tSendMin Lauk | | |
| zc09 | | ZCPSCH | Unblock | | |
| zc10 | | ZCPSCH | tSecurity | | |
| zc11 | | ZCRWPSC | CurrRev | | |
| zc12 | | ZCRWPSC | IN-IRV | | |
| zc13 | | ZCRWPSC | IN-IRVBLK | | |
| zc14 | | ZCRWPSC | tPickUpRev | | |
| zc15 | | ZCRWPSC | tDelayRev | | |

Kuva 3.14 REL670-releen viestiyhteystoiminnot REST-järjestelmässä.

Salliva aliulottuva toiminto PUTT toimii kahden vastakkaisen distanssireleen välillä aliulottuvasti. Molemmat releet laukaisevat 1-vyöhykkeen alueella olevat viat viiveettömästi, mutta 1-vyöhykkeestä eteenpäin 0,4 sekunnin ajalla. Molemmat distanssireleet kattavat 80 % omasta johdostaan. PUTT-toiminto lähettää viestiyhteyssignaalin vain 1-vyöhykkeen vioissa kuten kuvassa 3.15. PUTT-toiminnoissa vian osuessa releen



Kuva 3.15 PUTT-viestiyhteystoiminto.

1-vyöhykkeen alueelle rele laukaisee välittömästi katkaisijansa ja lähettää samalla laukaisukäskyn vasta-aseman distanssireleelle, joka laukaisee viiveettä laukaisukäskyn saatuaan, jos on myös havainnut vian edessäpäin. Näin koko johdolle saadaan viiveetön laukaisu.

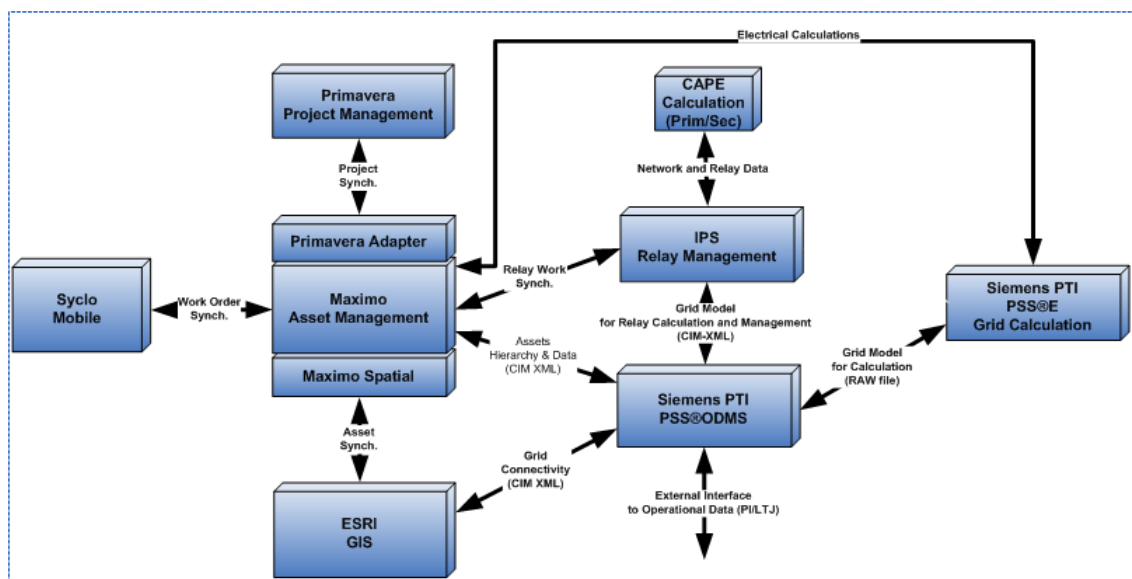
Yliulottuva viestiyhteystoiminto POTT on muutoin samanlainen, kuin PUTT-toiminto, mutta siinä rele lähettää viestiyhteyssignaalin myös toisen vyöhykkeen vioissa, eli kun vika on johdolla tai yli vasta-aseman. Toinen poikkeavuus on, että molempien distanssireleiden on lähetettävä POTT-signaali ja saatava viestiyhteys vasta-asemalta ennen kuin rele laukaisee. Tällöin jäljelle jäävät vain johdolla olevat viat, jotka aiheuttavat distanssireleiden laukaisun viestiyhteyssignaalista. POTT-toiminto on korvannut PUTT-toiminnon nykyisissä releissä, sillä se on toimintavarmempi esimerkiksi tilanteissa, joissa johdon toisen pään katkaisija on auki jo ennen vikaa [3].

Suoralla keskinäislaukaisulla (direct transfer trip, DTT) tarkoitetaan tilannetta, jossa distanssirele laukaisee vian pois vasta-aseman laukaisukäskystä [11]. Distanssireleen ei siis tarvitse huomata vikaa omalla alueellaan antaakseen laukaisukäskyn katkaisijalleen. T-haara-aseilla käytetään suoraa keskinäislaukaisua, jossa käsky 1. vyöhykkeen viiveetömään vian laukaisuun tulee T-haarapääteasemien distanssireleiltä.

Lukitseva toiminto tarkoittaa, että distanssirele saa vasta-aseman distanssireleeltä käskyn olla laukaisematta katkaisijaansa, jotta ei tapahtuisi epäselektiivistä laukaisua. Tällä hetkellä lukitsevaa toimintoa ei käytetä kantaverkossa.[13]

4 UUDEN JÄRJESTELMÄN RAKENNE (IPS)

Fingrid käynnisti vuonna 2006 projektin, jonka tavoitteena oli pystyttää toimintaa tukeva uusi tietojärjestelmäkokonaisuus, joka perustuisi tuotepohjaisiin ratkaisuihin. Pitkän prosessin jälkeen päädyttiin vuonna 2012 ratkaisuun, joka koostuu kahdeksasta kaupan hyllyltä saatavasta tuotteesta. Nämä tuotteet on integroitu keskenään siten, että kantaverkon master data sijaitsee vain yhdessä sovelluksessa. Tämän tietojärjestelmäkokonaisuuden nimi on ELVIS (ELectricity VerkkO Information System), jota on havainnollistettu kuvassa 4.1.[1]



Kuva 4.1 ELVIS-tietokantajärjestelmän rakenne [17].

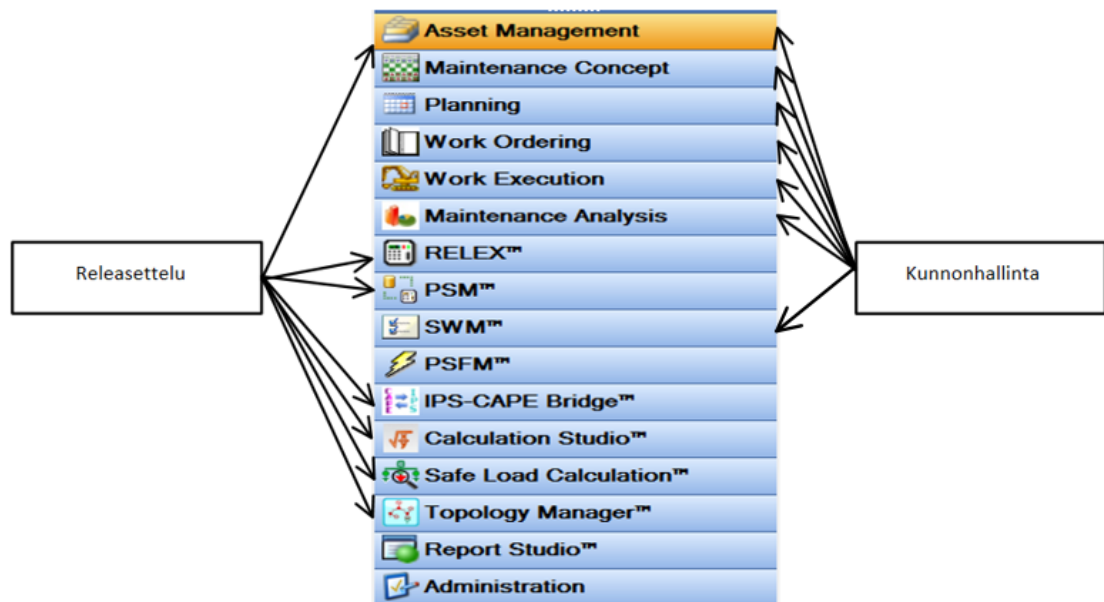
IPS-järjestelmä (Intelligent Process Solutions) on yksi kahdeksasta tuotteesta ELVIS-kokonaisuudessa. IPS on releasettelujen tietokantajärjestelmä, joka sisältää releiden asettelut ja releiden kunnonhallinnan [1]. Releiden kunnonhallintapaketti otettiin kokonaisuudessaan käyttöön kesäkuussa 2015 ja releasettelukokonaisuus otetaan käyttöön aikaisintaan syksyllä 2015 [17]. Releasettelukokonaisuus ei siis ole vielä valmis. Tämä johtuu toimintojen ja toiminta-arvojen puutteesta alkuperäisessä IPS-tuotteesta. Nämä on kuitenkin pyritty luomaan IPS:n toimesta uusimpaan versioon Fingridin toiveiden mukaisesti. Toimintojärjestelmä on vielä testaus- ja paranteluvaiheessa, mutta työssä käsitellään aihetta mahdollisimman laaja-alaisesti, jotta ohjelman heikkoudet ja vahvuudet saataisiin esille ja siten heikkouksiin voitaisiin puuttua.

Tässä työssä rajapinnoilla tarkoitetaan ohjelmien välistä tiedonsiirtoa. IPS:llä on rajapinnat päätietokantajärjestelmään Maximoon, ODMS:n kautta ArcGIS:n karttapohjaiseen verkkomalliin ja CAPE:n releasetteluiden automaattiseen laskentaohjelmaan. Rajapinnoista lisää kappaleessa 4.1.3.

Luvussa 4 käsitellään IPS:n releasettelupuolta esittelemällä IPS:n releasettelukokonaisuus ja toimintaperiaate. Luvussa 5 luodaan ABB:n REL670-rele IPS-järjestelmään REST-järjestelmän tietojen pohjalta.

4.1 IPS-käyttöjärjestelmä

IPS-järjestelmä jakautuu kunnonhallintapuoleen ja releasettelupuoleen. Kyseiset jaottelut näkyvät kuvassa 4.2, jossa on IPS:n päänäköymän käyttöliittymä. Käyttöliittymän kunnonhallintapuoleen kuuluvat maintenance concept-, planning-, swm-, work ordering- ja maintenance analysis -puoli. Kunnonhallinta puolta ei tässä työssä tarkastella. Tämän työn tarkastelupiiriin kuuluvat Asset Management, RELEX, Topology Manager, PSM ja Calculation Studio. Releasettelupuoleen kuuluvat myös rajapinta IPS-CAPE Bridge ja kuormitettavuuslaskelmat sisältävä Safe Load Calculation, mutta kyseisiä osioita ei käsitellä tämän työn puitteissa [8].



Kuva 4.2 IPS:n käyttöliittymä [19].

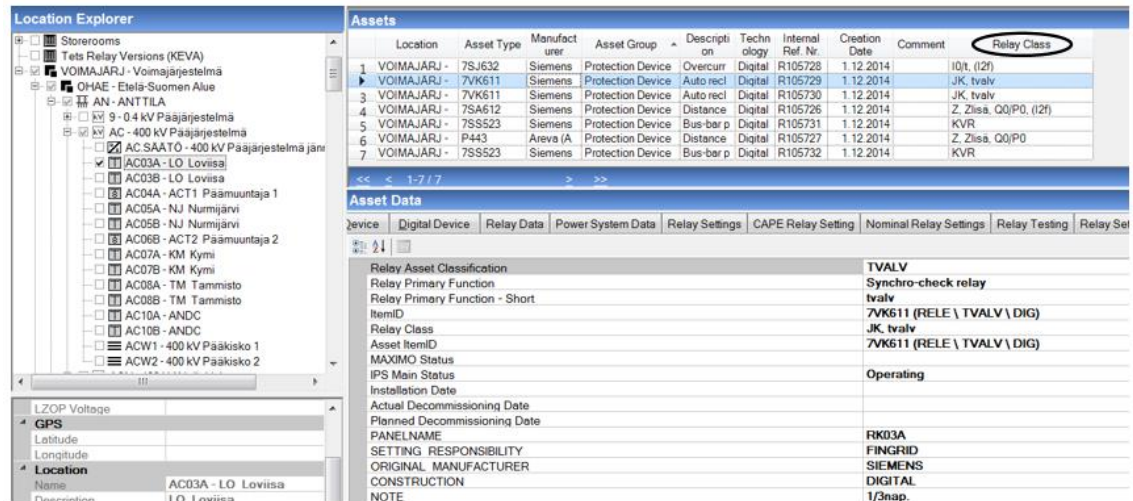
Releasetteluohjelmista Asset Management pitää sisällään releiden sijainnit ja releiden suojauskohteiden asettelut, RELEX sisältää asettelukytkimien kirjastonhallinnan ja Topology Managerissa sisältää toiminnot ja toiminta-arvot sekä toiminta-arvojen asettelun. PSM sisältää ohjelmakytkimien ja ohjelmien luonnin ja linkkauksen asettelukytkimiin. RELEX, PSM ja Topology Manager ovat kirjastoja, joista tieto kulkeutuu suoraan releiden sijaintitasolle Asset Managementtiin.[8]

4.1.1 Sijaintien perusrakenne

Sijainnin perusrakenne on kuvattuna Asset Managementissa, joka on releiden yleinen tarkasteluikkuna. Asset Management kerää kaiken tarvittavan datan releiden tarkasteluun. Se sisältää asettelukytkinkirjaston RELEX, toiminta-arvojen asettelukirjaston Topology

Managerin ja ohjelmayhtymän PSM:n tiedot oikeaan relesijaintiin. Asset Management sisältää releiden lisäksi verkon jännitemuuntajat ja virtamuuntajat

Releen sijainti on rakennettu Asset Managementiin kuvan 4.3 mukaisella tavalla, jossa voimajärjestelmän alta käyttäjän on ensin valittava aseman alue (kuvassa Etelä-Suomi OHAE), minkä jälkeen käyttäjä valitsee halutun aseman, jännitetason ja suojauskohteen. Kyseinen rakenne saadaan ArcGIS:n CIM-verkkomallista, joka linkittyy IPS-järjestelmään Maximon kautta.



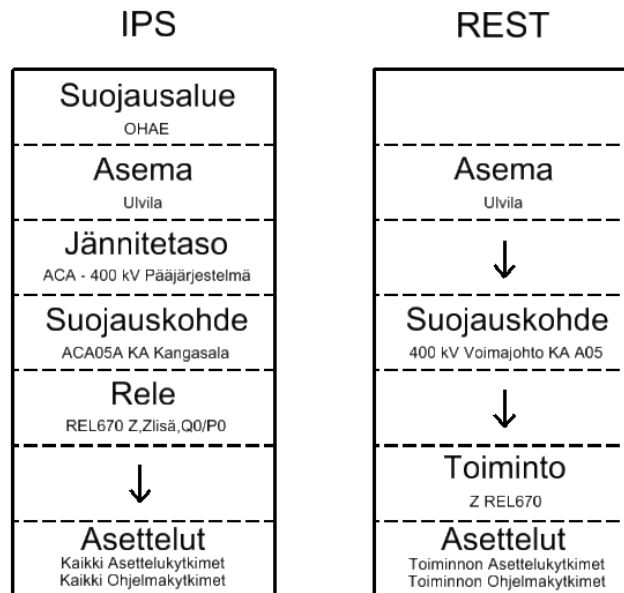
Kuva 4.3 Asset Management [19].

Kuvassa 4.3 on valittuna OHAE alueelta Anttilan 400 kV:n Loviisan johtolähtökenttä. Valitut suojauskohteen releet ilmestyvät oikeaan yläikkunaan, josta voidaan valita rele, jota halutaan tarkastella. Valitusta releestä muodostuu oikeaan alaikkunaan tietokentät, joista voidaan tarkastella releen ominaisuuksia. Kuvassa 4.3 on valittu Siemensin 7VK611-rele, jonka käytössä olevat toiminnot nähdään *Relay Class*-kentästä. Kyseisessä releessä on käytössä jälleenkytkentä- ja tahdistuksensvalvoja-toiminto. Käyttäjä kykenee itse lisäämään releessä käytössä olevat toiminnot *Relay Class*-kenttään. Käyttäjä kykenee myös suodattamaan näkyviin vain ne releet, jotka sisältävät etsityn toiminnon. Näin nähdään kätevästi, missä releissä on käytössä esimerkiksi kuormanerotustoiminto. Hakutoiminnot ovat IPS-järjestelmässä kattavat. Asetteliija kykenee hakutoiminnoilla hakemaan myös suoraan halutun aseman, kentän tai releen.

4.1.2 Sijaintien vertailu IPS vs. REST

IPS- ja REST-järjestelmien sijaintien rakenteet eroavat kuvan 4.4 mukaisesti. Kuvassa pyritään löytämään Ulvilan aseman Kangasalan johtokentän REL670-releen käytössä olevat toiminnot ja asetukset. Ensimmäisenä IPS:n käyttäjän tulee valita suojausalue, jossa asema sijaitsee; vaihtoehtoina ovat OHAE, OHAI, OHAL ja OHAP. Tämä on hyvä parannus vanhaan järjestelmään nähden, sillä Fingridin suojausalueet on todellisuudessa jaettu alueisiin ja alueille on valittu vastuuhenkilöt huolehtimaan alueensa toisilaitteiden

kunnossapidosta. Aluejako auttaa aluehenkilöä tarkastelemaan oman alueensa toisilaitteita, kuten releitä ja mittamuuntajia. Samalla helpottuvat yhteydenotot oikealle aluehenkilölle, kun aseman vastuuhenkilöä ei tarvitse tarkastaa erillisestä järjestelmästä. Todellisuudessa Etelä-Suomen alue on jaettu vielä kolmeen alueeseen, jotka ovat Uusimaa OHAEU, Häme OHAEH ja Lounas OHAEI. Tulevaisuudessa OHAE alue tulisi vielä erottaa näihin kolmeen alueeseen, mikä helpottaisi Etelä-Suomen aluehenkilöiden toimintaa.



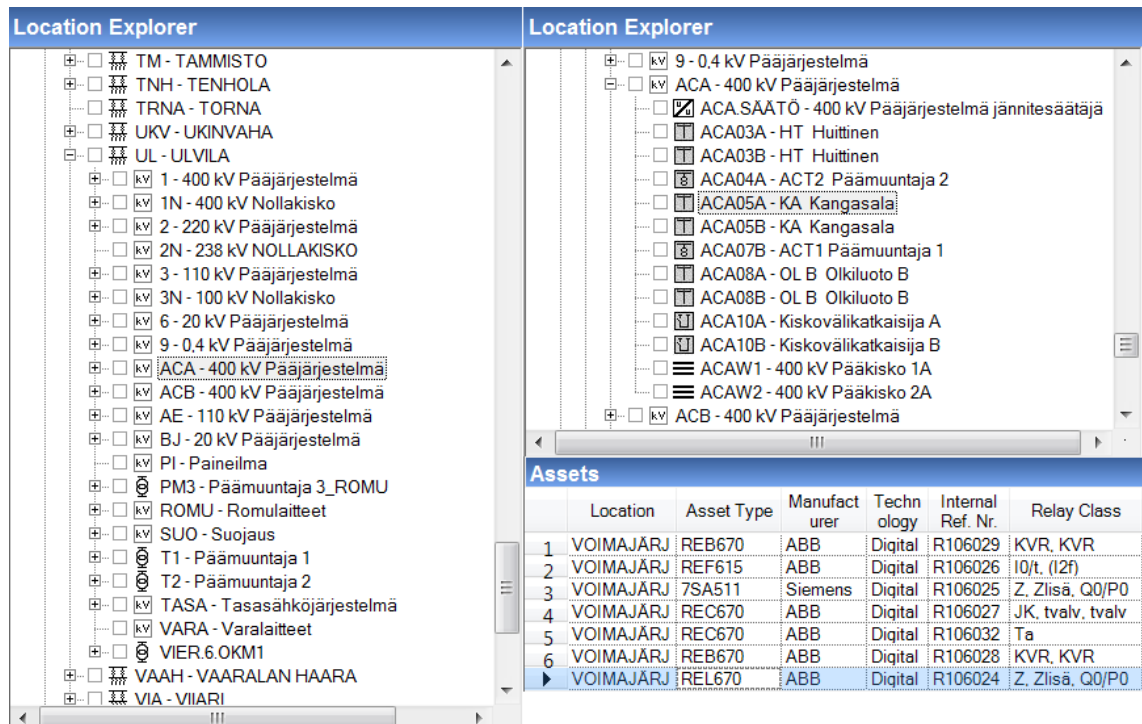
Kuva 4.4 Relesijainnin hakurakenne IPS- ja REST-järjestelmissä [5,19].

Asematasolla REST-järjestelmässä syötetään aseman nimi tai lyhenne tyhjiin kenttään. IPS:n käyttäjä valitsee pudotusvalikosta suojausalueen alta kuvan 4.5 mukaisesti oikean aseman ja jännitetason. Jännitetason valinnasta IPS-näyttää aseman jokaisen mahdollisen jännitetason nollakiskoista lähtien. Tämä on pieni heikkous, sillä useat IPS:n jännitetasot eivät sisällä laitteita, minkä vuoksi rivejä tulee näytölle paljon. Ohjelmaan tulisi lisätä nappi, jolla laitteettomat jännitetasot voisi saada piiloon ja tarvittaessa taas näkyviin. IPS-järjestelmä saa sijainnit suoraan Maximosta, minkä vuoksi kaikki Maximoon tehdyt sijaintimuutokset tulevat näkyviin IPS-järjestelmän Asset Managementtiin.

Ulvilassa 400 kV:n kisko on jaettu kahtia ACA:ksi ja ACB:ksi, missä viimeinen kirjain kuvaa kahtia erotettua kiskon puolikasta. Ensimmäiset kaksi kirjainta kuvaavat jännitetasoa: AC tarkoittaa 400 kV, AD 220 kV, AE 110 kV ja BJ 20 kV. Kangasalan 400 kV:n johtolähtö löytyy kiskosta A.

Suojauskohteen valinnassa järjestelmät eroavat toisistaan. REST:ssä käyttäjä valitsee suojauskohteen jännitetason ja suojauskohteen taulukosta kuten kuvassa 2.8. IPS-käyttäjän tulee valita suojauskohde kuvan 4.5 oikean yläkulman puuvalikosta. IPS:n valikossa Kangasalan johtokentälle vaihtoehtoja on kaksi, A ja B, jotka tarkoittavat duplex-kentän

kiskoja. Releet ottavat pääosin mittauksensa molemmilta kiskoilta. Näissä tapauksissa releet on laitettu duplex-kiskoon A. Tämän vuoksi valitaan ACA05A KA Kangasala, jossa kirjainyhdistelmän viimeinen kirjain tarkoittaa duplex-kiskoa A.



Kuva 4.5 Ulvila-Kangasala johdon REL670-releen sijainti IPS-järjestelmässä [19].

Järjestelmien suurin eroavaisuus tulee toimintokohtaisessa ajattelussa. REST-järjestelmä on tehty toimintopohjaisella ajattelulla, minkä vuoksi REST-käyttäjä valitsee samaan aikaan halutun toiminnon ja releen kuvan 2.9 mukaisesti, minkä jälkeen käyttäjä pääsee tarkastelemaan kyseisen toiminnon asetteluja. IPS:n käyttäjälle avautuu 4.3 mukainen näkymä, jossa näkyvät todelliset releet ja näiden sisältämät käytössä olevat reletoiminnot *Relay Class* -kentässä. Näin ollen näkymä on saatu asettelijalle yhtä informatiiviseksi REST:n kanssa. IPS ei ole alkujaan sisältänyt toimintotietoja, vaan toiminnot ja toiminta-arvot on luotu järjestelmään projektin aikana.

IPS-järjestelmässä releen tarkemmat tiedot saa näkyviin kaksoisklikkaamalla haluttua relettä. Tämän jälkeen releen välilehdeltä saa näkyviin kaikki releeseen liittyvät toiminta-arvot Power System Data (PSD)-välilehdellä, asettelukytkimet ja ohjelmakytkimet *Relay Settings* -välilehdellä.

PSD on ikkuna (kuva 4.6), johon linkitetään kaikki kyseisen releen toiminta-arvot Topology Managerin puolelta. PSD välilehteen käyttäjä ei kykene tekemään muutoksia. PSD näyttää toiminta-arvojen arvot, joiden avulla ohjelma kykenee laskemaan asettelukytkimien arvot RELEX-mallin kaavoista. PSD-ikkuna ei ole kovin havainnollistava asetteli-

jan tai koestajan kannalta, eikä kyseiseen näkymään tehdä asettelumuutoksia. IPS-järjestelmä vaatii kuitenkin kyseisen välilehden olemassaolon, ja sen vuoksi välilehti on säilytettävä järjestelmässä.

General

Device

Digital Device

Relay Data

Power System Data

Relay Settings

CAPE Relay Setting

Nominal Relay Settings

Relay Testing

Select visibility

☒ User interface

☐ Report

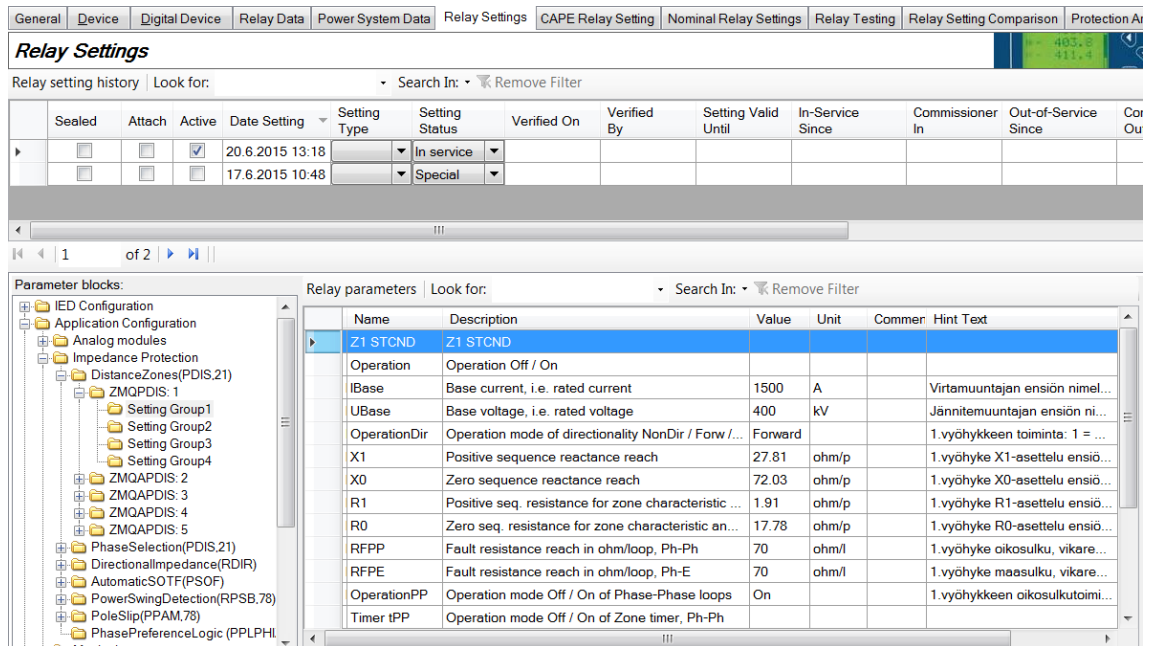
☐ Technical Data

Power System Data

| | Group Name | Location | Power System Data | Value | Unit | Source | Last Update |
|----|------------|------------------------------|-------------------|-------|----------|--------|-------------|
| ▶ | | VOIMAJÄRJ - Voimajärjestelmä | I>> | 5400 | A | Feeder | 18.6.201 |
| 2 | | VOIMAJÄRJ - Voimajärjestelmä | I0>> | 4800 | A | Feeder | 18.6.201 |
| 3 | | VOIMAJÄRJ - Voimajärjestelmä | I> | 3600 | A | Feeder | 18.6.201 |
| 4 | I_V_Z | VOIMAJÄRJ - Voimajärjestelmä | Ratio I | 3000 | | Asset | 17.6.201 |
| 5 | | VOIMAJÄRJ - Voimajärjestelmä | I0> | 2400 | A | Feeder | 18.6.201 |
| 6 | I_V_Z | VOIMAJÄRJ - Voimajärjestelmä | Ratio V | 1100 | | Asset | 18.6.201 |
| 7 | | VOIMAJÄRJ - Voimajärjestelmä | Imin | 300 | A | Feeder | 18.6.201 |
| 8 | | VOIMAJÄRJ - Voimajärjestelmä | IminA1 | 300 | A | Feeder | 18.6.201 |
| 9 | | VOIMAJÄRJ - Voimajärjestelmä | I0>> | 240 | A | Asset | 17.6.201 |
| 10 | | VOIMAJÄRJ - Voimajärjestelmä | I0> | 180 | A | Asset | 17.6.201 |
| 11 | | VOIMAJÄRJ - Voimajärjestelmä | IminA1 | 150 | A | Feeder | 18.6.201 |
| 12 | | VOIMAJÄRJ - Voimajärjestelmä | Fii+Suunta | 115 | deg | Feeder | 18.6.201 |
| 13 | | VOIMAJÄRJ - Voimajärjestelmä | Uon_UHighBusSynch | 70 | % | Feeder | 18.6.201 |
| 14 | | VOIMAJÄRJ - Voimajärjestelmä | Fii_kuo | 45 | deg | Feeder | 18.6.201 |
| 15 | | VOIMAJÄRJ - Voimajärjestelmä | INBlockPP | 40 | %ofIphM | Feeder | 18.6.201 |
| 16 | | VOIMAJÄRJ - Voimajärjestelmä | X1SA | 36 | ohm | Feeder | 18.6.201 |
| 17 | | VOIMAJÄRJ - Voimajärjestelmä | dU_UDiffSynch | 30 | % | Feeder | 18.6.201 |
| 18 | | VOIMAJÄRJ - Voimajärjestelmä | RfN3 | 30 | ohm/loop | Feeder | 18.6.201 |
| 19 | | VOIMAJÄRJ - Voimajärjestelmä | RfN2 | 30 | ohm/loop | Feeder | 18.6.201 |
| 20 | | VOIMAJÄRJ - Voimajärjestelmä | dFii_PhaseDiffM | 30 | aste | Feeder | 18.6.201 |

Kuva 4.6 Relesijaintitason Power System Data-välilehti [19].

Relay Settings -välilehti sisältää asettelukytkimien ja ohjelmakytkeiden arvot kansiorakenteen muodossa. Kansiorakenne on sama kuin relevalmistajan asetteluohjelmassa. Se sisältää jokaisen toiminnon parametrit riippumatta siitä, ovatko parametrit käytössä. Kuitenkin oletusarvon omaavat parametrit saa halutessa piilotettua Relay Settings välilehdeksi, jolloin näkyvillä ovat vain toiminta-arvojen kautta lasketut arvot. Kuvassa 4.7 on kuvattuna Ulvila Kangasala johtolähdön REL670-releen asetteluparametrit Relay Settings -välilehdellä. Kuvasta havaitaan, että asettelukytkeiden tietorivi sisältää valmistajan määrittämän parametrin nimen, kuvauskentän, arvon, yksikön, vapaan kommenttikentän, sekä REST-järjestelmästä ladatun asetteluparametrin kuvaustekstin sarakkeesta *Hint Text*. Poikkeusasettelut tehdään omaksi asetteluryhmäkseen *Relay setting history* -ikkunaan, jossa käytössä oleva asettelun merkinä on täppä *Active*-sarakkeen laatikossa.



Kuva 4.7 Relay Settings-välilehti Ulvilan 400 kV:n REL670 releestä [19].

IPS ei siis REST:n tapaan ole sijaintinäkömältäään toimintokohtainen vaan IPS-rele sisältää todellisessa releessä olevat asettelu- ja ohjelmakytkimet. Tämä helpottaa koestajaa, koska samaa parametria ei voi esiintyä kahdesti IPS:n releessä, minkä ansiosta asettelujen lataus releeseen helpottuu. Asetteluista ja asetteluiden mallinnuksesta kerrotaan enemmän kappaleessa 4.2.

4.1.3 Rajapinnat

Rajapinnalla tarkoitetaan ELVIS-järjestelmässä tiedonsiirtoa ohjelmien välillä. IPS-järjestelmällä on rajapinnat päätielikantajärjestelmä Maximoon, ODMS:n ja CAPE:n releasetteluiden automaattiseen laskentaohjelmaan. Tässä työssä järjestelmien rajapintoja kuvataan IPS:n kannalta.

Maximo on päätielikantajärjestelmä, josta IPS saa sijaintitiedot. Tämä tarkoittaa sitä, että Maximossa muutettu sijainti muokkaa automaattisesti IPS:n sijainnin puuhierarkiaa. Uuden aseman luonti tehdään ArcGIS:iin, josta tieto linkittyy Maximon kautta IPS:än puurakenteeseen. Maximo on myös tärkeä osa toisiolaitteiden kunnossapidon hallintaa, mutta tämän työn puitteissa releiden kunnonhallintaa ei käsitellä. [17]

ODMS on CIM-pohjainen tehonjakolaskennan ja verkkomallin hallinnan työkalu, joka on linkitetty Esrin hallinnoimaan ArcGIS-nimiseen karttatietopalveluun. Todelliseen karttapohjaan on piirretty jokainen sähköasema johtoineen ja komponentteineen. CIM-verkkomalli lähtee ArcGIS:ista, minkä jälkeen se tulee ODMS:n kautta IPS:n käyttöön. Verkkomallissa ovat johtoarvot, virtuaaliset jännite- ja virtamuuntajat sekä suurmuuntajien, kondensaattorien ja reaktorien parametritiedot, jotka tarvitaan relekaavojen laskentaan. [1]

CAPE on releasetteluiden laskentaohjelma, joka kykenee laskemaan automaattisesti releasettelut halutuille kohteille verkkomallitietojen perusteella. CAPE:sta on tarkoitus saada asettelut IPS toiminta-arvoina ja asettelukytkiminä. Asettelija kykenee syöttämään IPS:ään myös itse halutut toiminta-arvojen arvot. CAPE:n on tarkoitus olla apuvälineenä asettelulaskennan prosessissa.

4.1.4 Liitynnät

Johtoarvot ja suojauskohteen muuntajien tiedot saadaan ODMS:n kautta verkkomallista. Johtoarvot ovat samat kuin REST-järjestelmässä taulukossa 2.3. Johtoarvot tulee rakentaa REST:n tapaan solmuväleistä. Tällä hetkellä käyttäjän tulee itse rakentaa solmuvälit ODMS:n verkkomallin tietojen perusteella. Johtoarvot tulisi tulevaisuudessa saada automaattisesti rajapinnan kautta tai IPS-järjestelmän automaattisen rakennuksen seurauksena ilman, että käyttäjä joutuisi solmuväleistä niitä itse rakentamaan. Rajapinnan kautta tehtävä muutos tulisi tehdä ArcGIS-järjestelmästä asti, sillä ODMS-järjestelmä ei pidä sisällään tietoa todellisesta suojauskohteesta. Kuvassa 4.8 on Forssa-Lieto johdon viimeisen solmuvälin Lieto-Lakiaissuo E johtotiedot. Kyseisten solmuvälien johtotiedot tulisi siis summutua automaattisesti suojauskohteen perusteella. Siten ohjelman tulisi osata esimerkki kuvan tapauksessa summata kyseisessä tapauksessa viiden solmuvälin arvot ja yhdistää ne hakemistopolun alkuun olevalle suojauskohteelle.

Topology Manager™

Topology Graphical V_

Network Topology Ex_

Network Topology Hi_

Network Topology Co_

Power System Model

DCTerminal ()

Forssa - Lieto E 110 kV (Line)

Ln

ACLineSegment (Lieto-Lakiaissuo E)

Ln

ACLineSegment (Murronkulma-Forssa)

Ln

ACLineSegment (Selkä-Murronkulma)

Ln

ACLineSegment (Selkä-Suurila E)

Ln

ACLineSegment (Suurila-Lakiaissuo E)

Cn

ConnectivityNode ()

<

Kuva 4.8 Forssa-Lieto johdon viimeisen solmuvälin johtotiedot [19].

Päämuuntajien, reaktorien ja kondensaattorien tiedot saadaan verkkomallista sellaiseenaan, joten päämuuntajan tiedoissa ei ole rakenteellisia ongelmia. IPS-järjestelmä on virta- ja jännitemuuntajia hallinnoiva järjestelmä, jossa oikea virta- ja jännitemuuntaja on liitetty todelliselle releelle. Näin ollen jokainen rele saa suoraan todellisen virta- ja jänni-

temuuntajan muuntosuhteen. Muuntajat näkyvät releiden suojauskohteessa, kuten kuvassa 4.9 Ulvila-Kangasala-johtokentässä. Kuvassa on valittuna REL670-rele, jonka *Relay Data* -välilehdeltä pystytään tarkastamaan mihin virtamuuntajaan ja jännitemuuntajaan rele on liitetty.

The screenshot displays the 'Assets' table with columns: Location, Asset Type, Manufacturer, Asset Group, Technology, Internal Ref. Nr, and Relay Class. The table lists various assets, with the REL670 relay highlighted in row 9. Below the table, the 'Asset Data' window is open, showing configuration options for the REL670 relay, including 'Relay Parameter Pattern', 'Protection relay model option', 'Base relay parameter set', 'Nominal values' (Frequency: 50 Hz), and 'Firmware History'.

| | Location | Asset Type | Manufacturer | Asset Group | Technology | Internal Ref. Nr | Relay Class |
|----|----------------------------------|------------|--------------|---------------------|----------------|------------------|------------------|
| 1 | VOIMAJÄRJ - Voimajärjestelmä/OHA | CA-420 | ARTECHE | Current Transformer | | | |
| 2 | VOIMAJÄRJ - Voimajärjestelmä/OHA | CA-420 | ARTECHE | Current Transformer | | | |
| 3 | VOIMAJÄRJ - Voimajärjestelmä/OHA | CA-420 | ARTECHE | Current Transformer | | | |
| 4 | VOIMAJÄRJ - Voimajärjestelmä/OHA | REC570 | ABB | Protection Device | Digital - Micr | R106027 | JK, tvalv, tvalv |
| 5 | VOIMAJÄRJ - Voimajärjestelmä/OHA | REC570 | ABB | Protection Device | Digital - Micr | R106032 | Ta |
| 6 | VOIMAJÄRJ - Voimajärjestelmä/OHA | REB670 | ABB | Protection Device | Digital - Micr | R106028 | KVR, KVR |
| 7 | VOIMAJÄRJ - Voimajärjestelmä/OHA | REF615 | ABB | Protection Device | Digital - Micr | R106026 | I0/I1, (I2f) |
| 8 | VOIMAJÄRJ - Voimajärjestelmä/OHA | 7SA511 | Siemens | Protection Device | Digital - Micr | R106025 | Z, Zlisä, Q0/P0 |
| 9 | VOIMAJÄRJ - Voimajärjestelmä/OHA | REL670 | ABB | Protection Device | Digital - Micr | R106029 | KVR, KVR |
| 10 | VOIMAJÄRJ - Voimajärjestelmä/OHA | REL670 | ABB | Protection Device | Digital - Micr | R106024 | Z, Zlisä, Q0/P0 |
| 11 | VOIMAJÄRJ - Voimajärjestelmä/OHA | DFK-420 | ARTECHE | Voltage Transformer | | | |
| 12 | VOIMAJÄRJ - Voimajärjestelmä/OHA | DFK-420 | ARTECHE | Voltage Transformer | | | |
| 13 | VOIMAJÄRJ - Voimajärjestelmä/OHA | DFK-420 | ARTECHE | Voltage Transformer | | | |

Kuva 4.9 Virta- ja jännitemuuntajat Ulvila-Kangasala johtokenttä [19].

Jos käytössä on välivirtamuuntajia, tulee releen sisälle *Relay Data* -välilehdelle liittää kyseisen välivirtamuuntajan muuntosuhde, jolloin kaavojen laskennassa rele ymmärtää ottaa laskuihin todellisen muuntosuhteen pelkän muuntajan muuntosuhteen lisäksi.

4.2 Releiden mallinnus uudessa järjestelmässä

Releiden mallinnus voidaan jakaa IPS-järjestelmässä kolmeen osaan, jotka ovat toimintojen ja toiminta-arvojen asetteluohjelma Topology Manager, releiden asettelukytkinohjelma RELEX ja ohjelmakytkeohjelma PSM:n Device Configuration.

Topology Manager pitää sisällään toimintojen ja toiminta-arvojen käsittelyn. IPS-järjestelmä ei ole ohjelman ostovaiheessa tukenut toimintojen ja toiminta-arvojen käyttöä, koska aikaisemmin IPS:ää käyttäneet yritykset ovat käyttäneet releiden asetteluun vain asettelu- ja ohjelmakytkeohjelmaa. Tämän vuoksi toiminnot on jouduttu rakentamaan IPS-järjestelmään alusta asti. Toiminnollisuutta kehitetään yhä, sillä asetteluohjelman käyttöönotto on aikaisintaan syksyllä 2015. Tämän vuoksi Topology Manager -järjestelmä on vielä kehitysvaiheessa. Järjestelmää kuitenkin käsitellään tässä työssä esitellen sen nykyinen toiminnollisuus ja kehitystarpeet.

RELEX on asettelukytkimien hallintaohjelma, joka sisältää jokaisen asettelukytkimen valitusta releestä. Jokaisella kantaverkkoyhtiöllä on kuitenkin omat halunsa konfiguroida releensä omaan verkkoonsa sopiviksi. Tämä tekee asettelukytkinten määräästä yksilöllisen eri kantaverkkoyritysten välillä. RELEX:ssä ongelma on hoidettu siten, että jokainen digitaalisen releen asettelutiedosto voidaan ladata sellaisenaan järjestelmään, jolloin järjestelmä luo asettelukytkimet ja ohjelmakytkimet luodun asettelukonfiguraatiotiedoston pohjalta. Luotua asettelukytkintiedostoa kutsutaan RELEX-malliksi. RELEX:stä kerrotaan enemmän asettelukytkinkappaleessa 4.2.3.

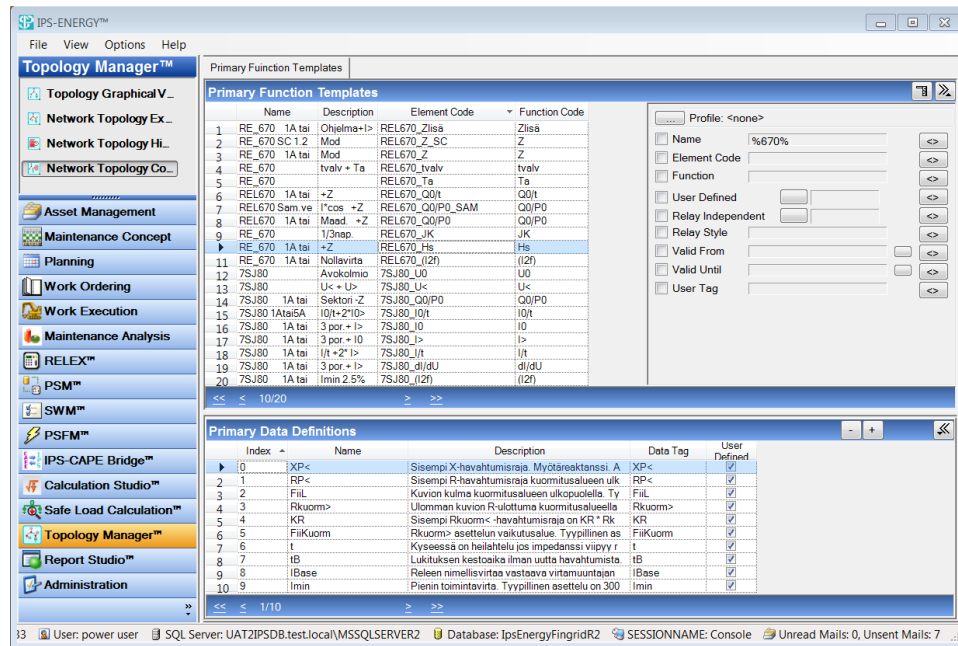
PSM Device Configuration on IPS-järjestelmän ohjelmakytkinten hallintaohjelma, jossa kyetään luomaan jokaiselle asettelun ohjelmalle oma ohjelmakytkinten kombinaatio. Tämä on Fingridin toiveiden mukainen toteutus, joten ohjelma ei ole sellaisenaan käytössä muilla IPS-järjestelmää käyttävillä yhtiöillä.

Seuraavissa kappaleissa pyritään luomaan kuva siitä, millainen asettelujärjestelmä on tällä hetkellä käytössä ja mihin suuntaan järjestelmää tulisi muokata, jotta järjestelmästä tulisi mahdollisimman käyttäjäystävällinen. Joitain muutoksia voidaan tehdä jo ennen käyttöönottoa, mutta suurimmat muutokset jäävät käyttöönoton jälkeiseen aikaan.

4.2.1 Toiminnot ja toiminta-arvot

Toiminnot ja toiminta-arvot löytyvät IPS-järjestelmän Topology Managerista, jonne jokainen toiminto ja toiminta-arvo luodaan relekohtaisesti. Topology Manager on luotu Fingridin toiveiden mukaisesti. Järjestelmä on tullut Fingridin käsiteltäväksi keväällä 2015, minkä vuoksi kehitystä on järjestelmän parissa tehty parin kuukauden ajan. Työ kuvaa nykyistä Topology Managerin toiminnollisuutta ja sitä, mihin suuntaan järjestelmää tulisi vielä kehittää.

Pääasiallinen toimintojen ja toiminta-arvojen kirjasto on Topology Managerissa, jossa myös toimintojen ja toiminta-arvojen luominen toteutetaan Network Topology Configurationissa, joka näkyy kuvassa 4.10. Kyseisellä välilehdellä sijaitsee *Primary Function Templates* -ikkuna, jossa näkyvät jokaisen kantaverkon releen toiminnot. Toimintojen tietoja ovat yksinkertaisuudessaan releen nimi ja releen toiminto. Tärkein sakrake on *Element Code*, joka on reletoinnin uniikki tunniste. *Element Codeen* laitetaan toiminnon käyttötarkoitus, esimerkiksi REL670_Z_SC tarkoittaa REL670-releen distanssitoimintoa sarjakompensoituun verkkoon. Haluttuja releitä ja releiden toimintoja voidaan suodattaa näkyviin kuvassa oikealla olevan suodattimen avulla. Kun haluttu releen toiminto on valittuna, kyseisen reletoinnin toiminta-arvot muodostuvat alaikkunaan näkyville. Uusien toimintojen ja toiminta-arvojen luonti tapahtuu myös kyseisissä ikkunoissa.

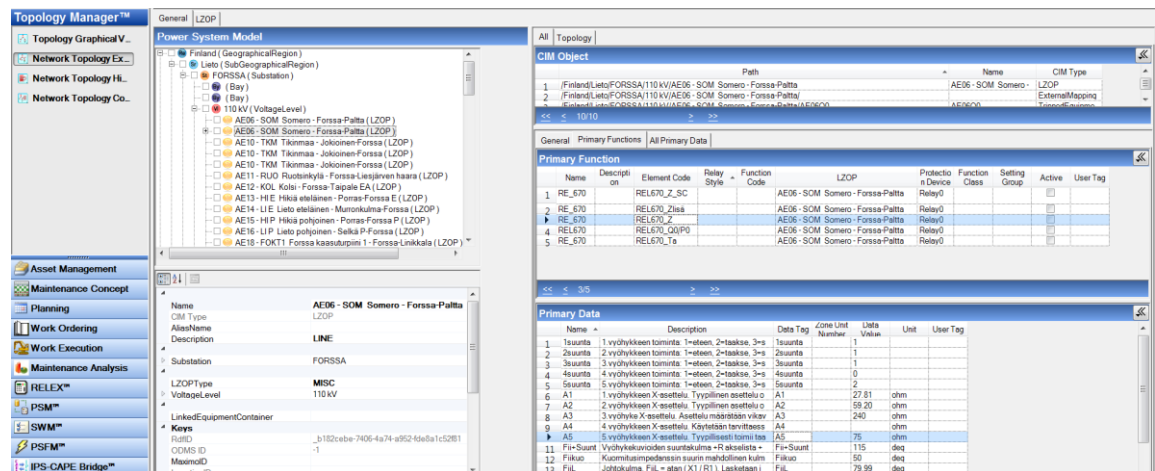


Kuva 4.10 Releiden toiminnot ja toiminta-arvot [19].

Toiminta-arvot pitävät sisällään toiminta-arvon nimen, REST-järjestelmän kuvaustekstin ja IPS-järjestelmän linkityksiin vaatiman yksilöllisen *Data Tagin*. Lisäksi toiminta-arvo pitää sisällään toiminta-arvon yksikön ja arvotyyppin eli sen, onko kyseessä esimerkiksi double-, string- vai enum-arvo. Network Topology Configuration sisältää vain toiminto- ja toiminta-arvojen datan, itse toiminta-arvojen asettelut tapahtuvat Network Topology Explorerissa. Toiminta-arvojen kirjastorakenne toimii sinänsä moitteetta, eikä se tule vaativaan rakenteen muutosta ennen käyttöönottoa.

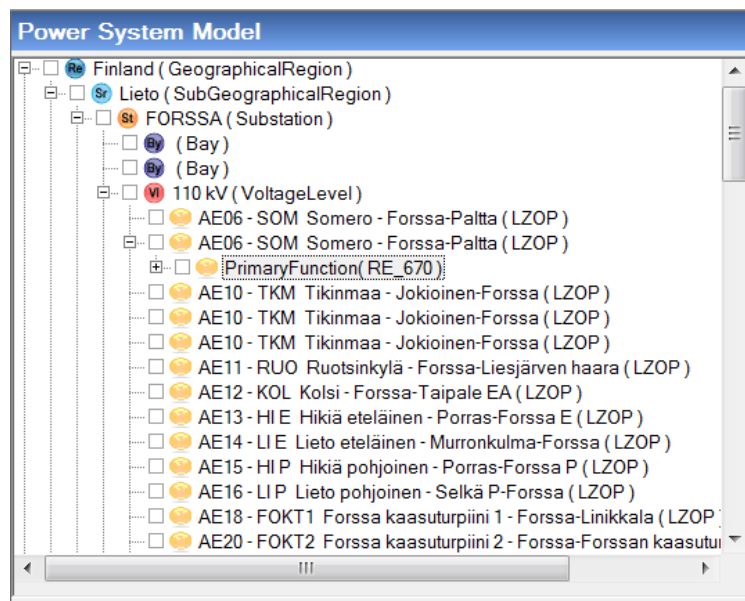
4.2.2 Toiminta-arvojen asettelutaso

Toiminta-arvojen asettelut tehdään Topology Managerin Network Topology Explorer -välilehdeltä. Kyseinen välilehti näkyy kuvassa 4.11. Välilehden voi jakaa kahteen osaan, jotka ovat Topology Managerin puuhierarkia ja toiminta-arvojen asettelut haluttuun sijaintiin. Tällä hetkellä Fingridin käytössä on vain Topology Managerin testiverkkomalli, joka sisältää vain Forssan 110 kV:n johtolähdöt.



Kuva 4.11. Toiminta-arvojen asettelutaso [19].

Topology managerin sijaintien puuhierarkia ei ole samanlainen kuin Asset Managementin puuhierarkia. Tämä johtuu siitä että Asset Managementin CIM-verkkomalli eli sijaintihierarkia tulee Maximosta (kuva 4.3) ja Topology Managerin ODMS:stä. Tämän vuoksi Topology Managerin näkymä on kuvan 4.12 kaltainen. Rakenne on täysin vastaava ODMS:n rakenteen kanssa. ODMS:n rakenne on tehty tehonjakolaskennan mukaan. Tehonjakolaskennassa tärkeät asemat muodostavat alueellisen tason, jota kutsutaan "Sub Geographical Regioniksi". Aluetaso vastaa relesijaintipuolella alueita OHAE, OHAI, OHAL ja OHAP. Erona on, että Topology Managerin alueita on yhteensä. Alueen pääkohteeksi on nimetty historiallisesti tärkeät asemat. Esimerkiksi kuvassa 4.12 aluetasona on Lieto, joka muodostaa oman alueensa, johon kuuluu muun muassa Forssan asema. Näin ollen asettelijä joutuu etsimään Forssan aseman Liedon alueen alta, mikä ei tunnu kovinkaan loogiselta suhteessa Asset Managementin puurakenteeseen. Forssan aseman alta löytyvät vaivatta jänniteportaat ja kenttätasot aina reletasolle asti. Puuhierarkiamallin aluejakoa pyritään muuttamaan Asset Managementin hierarkiaa vastaavaksi. Hakutoimintoja parantamalla voidaan helpottaa asettelijaa löytämään haluttu asema oikean alueen alta.



Kuva 4.12 Topology Managerin sijaintien puuhierarkia [19].

Toiminta-arvojen asettelut tehdään kuvan 4.13 *Primary Function*- ja *Primary Data* -ikkunoissa kohteelle, joka on valittu puuhierarkiasta. Ylempään ikkunaan lisätään suojauskohteen toiminnot, jotka suojauskohteen releissä halutaan ottaa käyttöön, ja alempaan ikkunaan asetellaan kyseisten reletointien toiminta-arvot.

General

Primary Functions

All Primary Data

Primary Function

| | Name | Description | Element Code | Relay Style | Function Code | LZOP | Protection Device | Function Class | Setting Group | Active | User Tag |
|---|--------|-------------|--------------|-------------|---------------|-----------------------------------|-------------------|----------------|---------------|--------------------------|----------|
| 2 | RE_670 | | REL670_Zlisa | | | AE06 - SOM Somero - Forssa-Palita | Relay0 | | | <input type="checkbox"/> | |
| ▶ | RE_670 | | REL670_Z | | | AE06 - SOM Somero - Forssa-Palita | Relay0 | | | <input type="checkbox"/> | |
| 4 | REL670 | | REL670_Q0/P0 | | | AE06 - SOM Somero - Forssa-Palita | Relay0 | | | <input type="checkbox"/> | |

<< ≤ 3/5 ≥ >>

Primary Data

| | Name | Description | Data Tag | Zone Unit Number | Data Value | Unit | User Tag |
|----|-----------|---|-----------|------------------|------------|------|----------|
| ▶ | 1suunta | 1.vyöhykkeen toiminta: 1=eteen, 2=taakse, 3=suun | 1suunta | | 1 | | |
| 2 | 2suunta | 2.vyöhykkeen toiminta: 1=eteen, 2=taakse, 3=suun | 2suunta | | 1 | | |
| 3 | 3suunta | 3.vyöhykkeen toiminta: 1=eteen, 2=taakse, 3=suun | 3suunta | | 1 | | |
| 4 | 4suunta | 4.vyöhykkeen toiminta: 1=eteen, 2=taakse, 3=suun | 4suunta | | 0 | | |
| 5 | 5suunta | 5.vyöhykkeen toiminta: 1=eteen, 2=taakse, 3=suun | 5suunta | | 2 | | |
| 6 | A1 | 1.vyöhykkeen X-asettelu. Tyypillinen asettelu on 0 | A1 | | 5.2 | ohm | |
| 7 | A2 | 2.vyöhykkeen X-asettelu. Tyypillinen asettelu on A | A2 | | 8.6 | ohm | |
| 8 | A3 | 3.vyöhykke X-asettelu. Asettelu määrätään vikavirta | A3 | | 240 | ohm | |
| 9 | A4 | 4.vyöhykkeen X-asettelu. Käytetään tarvittaessa. A | A4 | | 4 | ohm | |
| 10 | A5 | 5.vyöhykkeen X-asettelu. Tyypillisesti toimii taak | A5 | | 75 | ohm | |
| 11 | Fii+Suunt | Vyöhykekuvioiden suuntakulma +R akselista +X su | Fii+Suunt | | 115 | deg | |
| 11 | Fii+Suunt | Vyöhykekuvioiden suuntakulma +R akselista +X su | Fii+Suunt | | 50 | deg | |

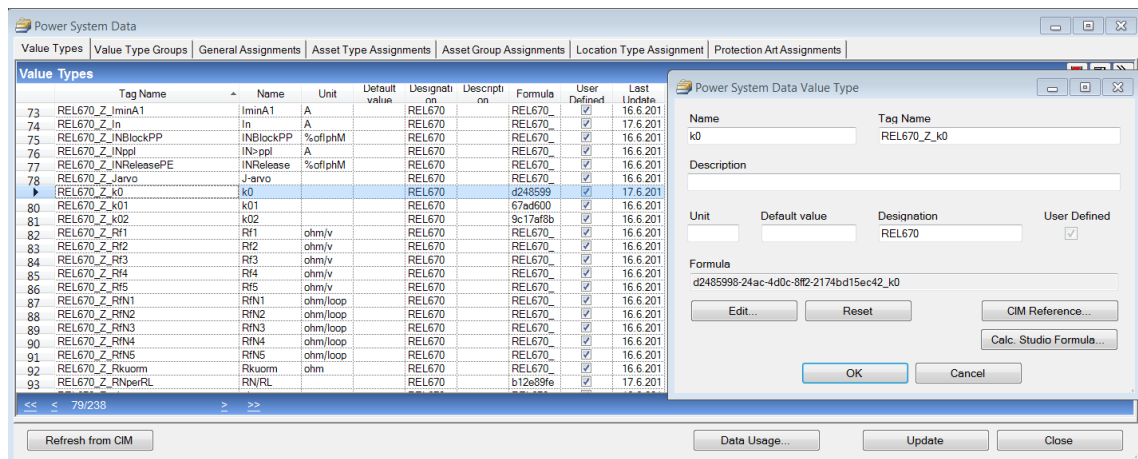
<< ≤ 1/45 ≥ >>

Kuva 4.13 Toiminta-arvojen asetteluikkunat [19].

Kuvaun 4.13 *Primary Function* -ikkuna vastaa REST-järjestelmän suojauskohteen toimintoikkunaa kuvaa 2.9 sillä erotuksella, että IPS:n ikkuna ei sisällä jännite- ja virtamuuntajien muuntosuhteita. Kyseiset arvot pystytään hakemaan puurakenteesta ilman, että asetteluikkunalta jouduttaisiin poistumaan, joten tämä ei muodostu ongelmaksi. Samoin onnistuvat kondensaattorien ja reaktorien tietojen haku. Johtoarvot joudutaan vielä summaamaan manuaalisesti jokaisesta solmuvälistä. Ennen käyttöönottoa tulee kuitenkin varmistua että johtoarvot saadaan automaattisesti suojauskohteelle.

4.2.3 Toiminta-arvojen linkitys relesijainnille

Toiminta-arvojen linkitys relesijainnille ei tapahdu suoraan Asset Managementissa nähdyllä PSD-tasolla, vaan IPS-järjestelmän rakenteesta johtuen linkitys tehdään PSD:n omalla *ValueTypes* -välilehdellä. Kuvassa 4.14 näkyy PSD-linkitysnäkymä. Kuvassa on linkitetty REL670-releen toiminta-arvoja. *Value Types* -sivulle luodaan jokaisen reletoiminnon toiminta-arvo. Toiminta-arvon sisään laitetaan tieto tuleeko arvo suoraan relesijainnille vai tarvitaanko kaavaa, joka kertoo oikean sijainnin toiminta-arvon. Suurin osa toiminta-arvoista linkittyy suoraan relesijaintitasolle. On kuitenkin tilanteita joissa tarvitaan kaavoja. Näissä tilanteissa ohjelmalle tulee kertoa, mitä toiminta-arvoa käytetään. Esimerkkinä tällaisesta on kuvan 4.14 toiminta-arvo $k0$, joka lasketaan automaattisesti johtoarvoista tai sitten käyttäjä voi syöttää arvon itse järjestelmään. Tällöin tarvitaan kaavaa, joka kertoo, kumpaa menetelmää käytetään. Kaavat on toteutettu Calculation Studiassa. Kaavoista lisää kappaleessa 4.2.5.



Kuva 4.14 Toiminta-arvojen linkitykset relesijaintiin ja asettelukytkimiin [19].

Toiminta-arvon linkityksen jälkeen tulee PSD-sivulla mennä välilehdellä *Value Type Groups*, ja linkittää toiminta-arvot oikeille toiminnoille, jotka joudutaan tekemään myös tässä vaiheessa uudestaan relekohtaisesti. Lopuksi toiminnot ja toiminta-arvot linkitetään vielä *Asset Type Assignments*-sivulle, jossa toiminta-arvot ovat käyttövalmiita relesijaintiin PSD-välilehdelle (kuva 4.6).

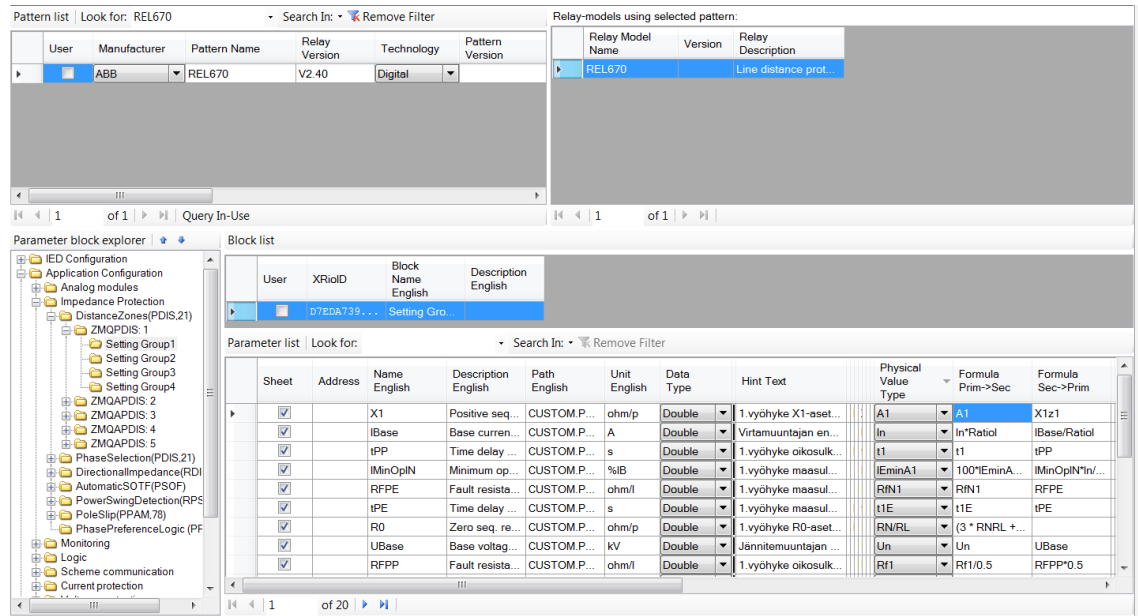
Topology Managerin releen ja Asset Managementin releen välillä on yhteys suojauskohteen perusteella, minkä vuoksi toiminta-arvo osaa linkittyä oikealle relesijainnille. Tämä tarkoittaa sitä, että PSD-linkityksen toiminta-arvot eivät sisällä historiatietoa. Esimerkiksi Tuovilassa ja Ulvilassa olevat REL670-releet käyttävät samoja toiminta-arvoja PSD-linkityssivulla. Ongelmaksi muodostuvat tilanteet, joissa kaksi samanlaista relettä on sijoitettu samaan suojauskohteeseen erilaisilla toiminta-arvojen arvoilla, koska tällä hetkellä Topology Manager -taso linkittää suojauskohteen perusteella reledatan reletyypille. Tilanne tulee korjata ennen käyttöönottoa siten, että Topology Managerin ja Asset Managementin välillä on suojauskohteen releen sijaan todellisen releen mukainen yhteys. Samalla kuvan 4.11 *Primary Data* -ikkunaan tarvitaan kommenttikenttä kuvastamaan releen tunnistenumeroa. Tällä korjauksella ratkeaisivat myös asetteluryhmiin liittyvät linkitysongelmat.

PSD-linkitys on käyttäjälle erittäin työläs vaihe, kun relettä rakennetaan järjestelmään. Se ei kuitenkaan näy normaalissa käyttöliittymässä asettelijoille tai koestajille. Kun reletietoja halutaan joskus muokata, tulee muutokset toteuttaa myös PSD-välilehdillä. IPS on myös ymmärtänyt, että PSD-linkitys on turha välivaihe, jonka voi suorittaa helpommin, ja sitä ollaan poistamassa muutaman vuoden sisällä. Sitä ennen asettelijoiden on tultava toimeen kyseisellä rakenteella.

4.2.4 Asettelukytkimet

Asettelukytkinkirjasto on RELEX-asettelukytkinten hallintaohjelmassa. Asettelukytkimiä tarkastellaan *Protection Modeling* -välilehdeltä ja *Relay Parameter Patterns* -ikku-

nasta. Kuvaan 4.15 on haettuna REL670-releen asettelukytkinten RELEX-malli. Todellisessa releessä ei ole eroteltuna asettelukytkimiä ja ohjelmakytkimiä ja sen vuoksi RELEX-malli pitää sisällään jokaisen releessä olevan kytkimen. Kuten kuvasta 4.15 havaitaan, on releasettelut jaoteltu kansioihin todellisen releen toiminnollisuuksien mukaan. Sama rakenne on myös relevalmistajien asetteluohjelmissa, joissa releen toiminnollisuudet on jaettu.



Kuva 4.15 REL-670 releessä olevat asettelu- ja ohjelmakytkimet [19].

Kuvassa 4.15 on valittuna kansiorakenteesta distanssin vyöhykeasettelut eli *Distance Zones* ja sen 1-vyöhykkeen asettelut *ZMQPDIS:1*:ssä. Sarakkeessa *Physical Value Type* on asettelukytkintä vastaava toiminta-arvo. Sarakkeeseen *Formula Prim->Sec* on tehty kaavat valitusta toiminta-arvosta asettelukytkimeen ja sarakkeessa *Formula Sec->Prim* on kaavat rivin asettelukytkimestä *Physical Value Type* -kentän toiminta-arvoon. Kaavat linkittyvät vasta relesijainnissa *Relay Settings* -välilehden asettelukytkimeltä (kuva 4.7) PSD-välilehdellä olevaan toiminta-arvoon (kuva 4.6).

Digitaalisten releiden tapauksessa jokainen valmistajaohjelman tiedosto voidaan ladata omaksi RELEX-mallikseen IPS-järjestelmän tietokantaan. Uutta reletyyppiä käyttöönotettaessa tehdään releen käyttöönottestaukset relevalmistajan, Fingridin ja urakoitsijan toimesta. Kaupan hyllyltä saatava reletyyppi sovitetaan Fingridin verkkoon sopivaksi, minkä jälkeen valmiista ratkaisusta tehdään reletyyppin standardikonfiguraatiotiedosto, joka sisältää releen vaatimat asettelu- ja ohjelmakytkimet. Tätä tiedostoa urakoitsija käyttää pohjana kyseistä reletyyppiä aseteltaessa. Tiedoston pohjalta on luotu REST-järjestelmään tarvittavat toiminta-arvot, asettelukytkimet, ohjelmat ja ohjelmakytkimet asettelijaa varten. IPS-järjestelmässä kyseinen konfigurointitiedosto voidaan ajaa yhdeksi RELEX-malliksi. Näin ollen RELEX-malli vastaa täysin asemalle aseteltavaa relettä. Tämä mahdollistaa sen, että koestajat voivat suoraan ladata RELEX-mallin asettelutiedoston rele-

sijainnilta ja ladata kyseisen tiedoston asemalla olevaan Engineering PC:n valmistajaohjelmaan. Samoin koestaja kykenee lataamaan releeltä tiedoston valmistajaohjelman kautta ja lataamaan kyseisen tiedoston *Relay Settings* -välilehdelle omaksi asettelukytkinsetikseen. Aikaisemmin koestajat ovat joutuneet raporttien perusteella manuaalisesti syöttämään arvot digitaalisille releille valmistajaohjelman kautta, joten tämä helpottaa suuresti koestajien toimintaa. Lisäksi standardikonfiguraatiodiestojen ajo IPS-järjestelmään mahdollistaa sen, että IPS-järjestelmää kyetään jatkossa käyttämään standardikonfiguraatiodiestojen säilytyspaikkana.

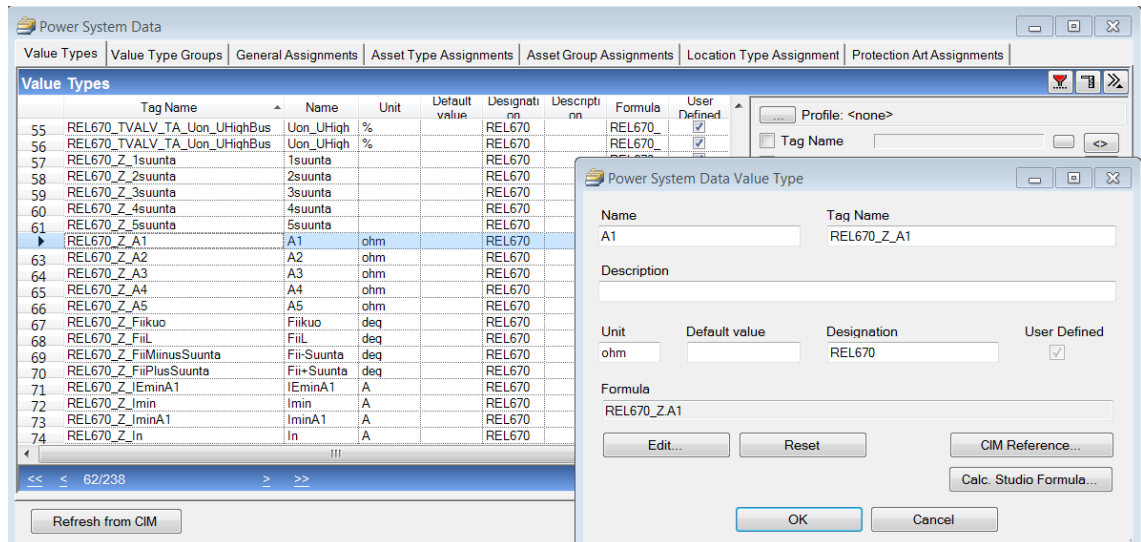
Vanhoilla staattisilla ja sähkömekaanisilla releillä joudutaan turvautumaan IPS-järjestelmän valmiisiin RELEX-malleihin tai itse tehtyihin REST-järjestelmän malleihin, jotka tulee luoda järjestelmään manuaalisesti. Toisaalta koestajien on helpompi asettaa myös sähkömekaaniset ja mekaaniset releet, kun jokainen parametri on vain kerran näkyvillä eikä useasti mainittuna erillisten toimintojen yhteydessä.

IPS-järjestelmän asettelukytkinrakenne eroaa siis huomattavasti REST-järjestelmän rakenteesta. Siinä missä REST-järjestelmä näyttää vain Fingridin käytössä olevat kytkinparametrit, näyttää IPS-järjestelmä kaikki mahdolliset releen kytkimet. Oleelliset parametrit saadaan suodattamalla näkyviin, jonka seurauksena koestajan on helppo löytää parametrit, joille ei käytetä vain oletusarvoja. IPS-järjestelmä helpottaa myös uusien kytkimien käyttöönottoa, koska jokainen asettelukytkin on helposti nähtävillä. Järjestelmästä löytyy myös muita hyviä puolia. Koestajien on helpompi asettaa myös sähkömekaaniset ja mekaaniset releet, kun jokainen parametri on vain kerran näkyvillä eikä useasti mainittuna erillisten toimintojen yhteydessä.

4.2.5 Kaavat

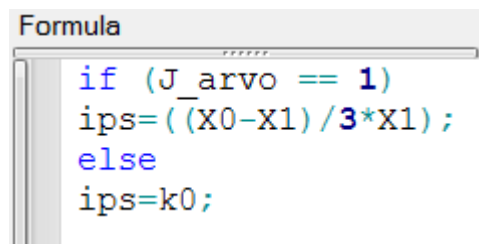
IPS-järjestelmän kaavoilla tarkoitetaan kaavoja, jotka valitsevat käytössä olevan toiminnon oikean toiminta-arvon PSD-välilehtien ja Calculation Studion kautta sekä kaavoja toiminta-arvoista asettelukytkimiin ja asettelukytkimistä toiminta-arvoihin, jotka tapahtuvat relesijainnissa PSD-välilehden ja *Relay Settings* -välilehden välillä.

PSD-välilehti linkittää asettelijan asettelemat toiminta-arvot Topology Managerista relesijaintiin. Suurin osa toiminta-arvoista linkitetään suoraan, jolloin PSD:n kaava on 1:1, kuten kuvassa 4.16 on tehty distanssitoiminnon toiminta-arvolle *A1*. Tällöin *Formula*-kenttään kirjoitetaan suoraan Topology Managerin *Primary Function Template* -sivun *Element Code* -sarakkeen uniikki nimi. Tällöin asettelijan Topology Manageriin syöttämä *A1*-arvo kulkeutuu suoraan relesijainnin PSD-välilehdelle.



Kuva 4.16 Suora linkitys Topology Managerista relesijainnille [19].

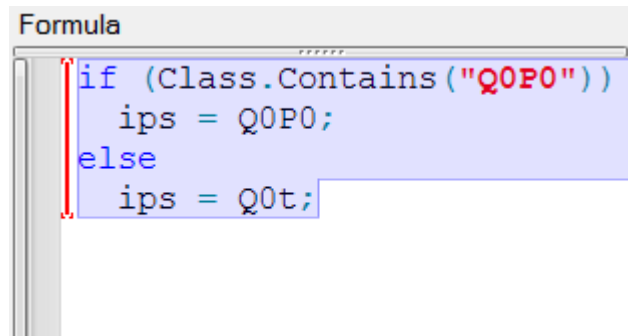
Muut kaavat Topology Managerin toiminta-arvojen ja relesijainnin toiminta-arvojen välillä joudutaan tekemään Calculation Studion kautta. Ensimmäinen seikka, jossa joudutaan turvautumaan kaavoihin, on johtoarvot. Asetteliija voi itse syöttää johtoarvot järjestelmään tai hän voi valita, että ohjelma laskee toiminta-arvot suoraan johtoarvoista. Tällöin asetteliija antaa toiminta-arvolle J_{arvo} arvon 1. Yksi johtoarvoista laskettava toiminta-arvo on $k0$, jonka kaava on liitetty kuvaan 4.17. Kaavasta nähdään, että jos J_{arvo} ,



Kuva 4.17 Kaavalinkitys toiminta-arvolle $k0$ [19].

saa arvon 1, lasketaan $k0$ johtoarvoista. Jos J -arvoksi asetetaan jokin muu arvo, niin $k0$:llan arvoksi evaluoituu asettelijan syöttämä toiminta-arvo $k0$.

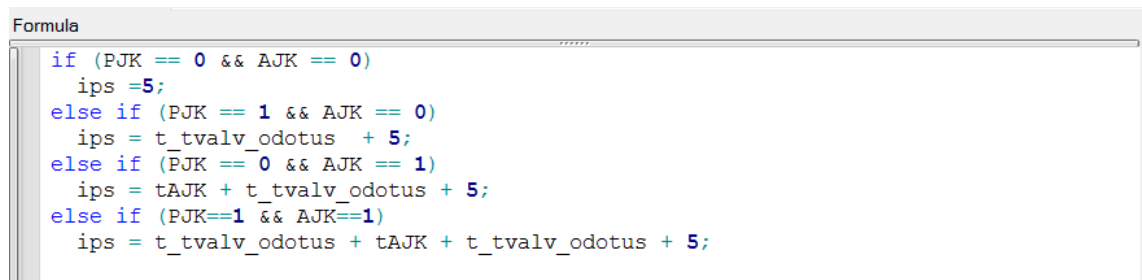
Kaavat on myös jouduttu tekemään tilanteisiin, joissa kaksi toimintoa sisältää toiminta-arvot, jotka viittaavat samaan asettelukytkimeen. Esimerkiksi toiminta-arvo *Peruskulma* kuuluu suunnattuun maasulku- ja käänteisaikatoimintoon. *Peruskulma* viittaa samaan asettelukytkimeen *DirectionMode*. Ohjelman tulee tietää, kummasta toiminnosta toiminta-arvo *Peruskulma* haetaan kyseiselle asettelukytkimelle. Tätä varten on luotu Calculation Studioon kaava, jolla ongelma ratkeaa. Kaava näkyy alla olevassa kuvassa 4.18.



Kuva 4.18 Kaavalinkitys kahdelle toiminnolle, joiden toiminta-arvot viittaavat samaan asettelukytkimeen [19].

Kaava hakee ensin vakioaikaisen maasulkureletoiminnosta (Q0P0) toiminta-arvoa *Peruskulma*. Jos arvoa ei löydy, palauttaa kaava käänteisaikaisen maasulkutoiminnon (Q0t) toiminta-arvon *Peruskulma* arvon. Jos toiminta-arvoa ei löydy, niin kaava ei palauta arvoa.

Kolmannen tyyppiset kaavat ovat kaavoja, jotka toiminta-arvo laskee muista toiminta-arvoista, kuten REST-järjestelmän modulaaristen releiden tapauksessa. Esimerkiksi jälleenkytkentätoiminnon toiminta-arvo *t_lop.lauk* (taulukko 3.22) lasketaan siten, että toiminta-arvoon summataan PJK, AJK, synkronointiajat ja varmuusaika, jolloin asettelijan ei tarvitse syöttää kyseistä arvoa. Toiminta-arvon kaava on nähtävissä kuvassa 4.19.



Kuva 4.19 Kaavalinkitys toiminta-arvolle, joka lasketaan muista toiminta-arvoista [19].

Kaavaeditorin ulkopuolelle linkitetään ensin kaavan tarvitsemat toiminta-arvot, minkä jälkeen kuvan kaavassa käydään läpi kaikki mahdolliset kombinaatiot. Kombinaatioita tulee yhteensä neljä riippuen siitä ovatko PJK ja AJK toiminnot käytössä. Kaavassa 0 vastaa komentoa "False" ja 1 komentoa "True". IPS-järjestelmässä kyettäisiin käyttämään myös "False" ja "True" komentoja, mutta oheisessa kaavassa on käytetty REST-järjestelmästä tuttua: 1=on ja 0=off mallia. Kaavan lopputuloksena linkittyy oikea arvo relesijainin PSD-välilehdelle, josta lasketaan releen asettelukytkimet toiminta-arvojen avulla.

Toiminta-arvojen ja asettelukytkimien linkitys on tehty RELEX-mallin asettelukytkinriivillä (Kuva 4.15). Kaavan rivin toiminta-arvoparametrien on vastattava relesijainin PSD-välilehden toiminta-arvon nimeä, jotta arvo saataisiin asettelukytkimelle. Esimerkkinä kaavojen toiminnasta on kuva 4.20, jossa distanssitoiminnon 5-vyöhykkeen resistanssiasettelu on kuvattuna.

| Sheet | Address | Name English | Unit English | Data Type | Hint Text | Mapping Tag | CAPE Tag | Physical Value Type | Formula Prim->Sec | Formula Sec->Prim | |
|-------|-------------------------------------|--------------|--------------|-----------|-----------|-----------------------|----------|---------------------|-------------------|-------------------|----------|
| | <input checked="" type="checkbox"/> | | RFPP | ohm/l | Double | 5.vyöhyke oikosulk... | R5 | RFPP_13 | Rf5 | Rf5/0.5 | RFPP*0.5 |

!!!

Power System Data

| Group Name | Location | Power System Data | Value | Unit | Source | Last Update |
|------------|----------|-------------------|-------|-------|--------|-------------|
| 75 | VOIMAJ | Rf5 | 15 | ohm/v | Feeder | 20.6.201 |

<<

<

74/109

>

>>

Relay parameters

Look for:

Search In:

Remove Filter

| Origin | Name | Description | Value | Unit | Comment | Hint Text | IPS User |
|---------|------|------------------|-------|-------|---------|-----------------|----------|
| Nominal | RFPP | Fault resista... | 30 | ohm/l | | 5.vyöhyke oi... | javar |

!!!

Kuva 4.20 Kaavat toiminta-arvoista asettelukytkimiksi [19].

Kuvan 4.20 ylimmässä ikkunassa on RELEX-mallin rivi, jossa *Formula Prim->Sec*-sarakkeessa on kaava toiminta-arvosta R_{f5} releen asettelukytkimeksi *RFPP*. Keskimmäinen ikkuna kuvaa relesijainnin PSD-välilehteä, johon toiminta-arvon R_{f5} -arvoksi on aseteltu 15. Alimmainen ikkuna on *Relay Settings* -välilehdeltä, johon asettelukytkin on laskettu toiminta-arvosta RELEX-mallin kaavan avulla. RELEX-mallin kaavoilla kyetään toteuttamaan kaikki REST-järjestelmän kaavat toiminta-arvoista asettelukytkimiin.

4.2.6 Ohjelmat ja ohjelmakytkinkombinaatiot

Ohjelmat eli ohjelmakytkinten kombinaatiot luodaan PSM-ohjelman *Device Configuration* -välilehdellä. Todelliset ohjelmakytkimet löytyvät RELEX-mallisivustolta. Kyseiset ohjelmakytkimet yhdistetään PSM:ssä releiden ohjelmiin. Alkuperäinen IPS-järjestelmä ei ole sisältänyt releiden ohjelmia, vaan ohjelmat on luotu järjestelmään Fingridin toiveesta.

Ohjelmakytkinkombinaatiot luodaan *Device Configuration* -välilehden *Device-Configuration Sets* -ikkunasta. Kuvaan 4.21 on valittuna REL670-releen Zlisä-toiminnon POTT-ohjelma. Uuden ohjelman luonti toteutetaan siten, että uusi ohjelma luodaan kuvassa 4.21 näkyvään *Device-Config-Set*-ikkunaan valitsemalla komento *new*. Tämän jälkeen käyttäjän tulee valita luotu ohjelma ja lisätä halutut ohjelmakytkimet ohjelmaan *Parameters*-ikkunasta.

Ohjelmakytkimet valitaan kyseisen releen RELEX-mallista. Jokainen ohjelmakytkin yhdistetään siis tässä vaiheessa todellisen releen parametriin. Kun asettelija on valinnut parametrit ohjelmaan, syötetään jokaisen ohjelmakytkimen arvo ohjelmaan, kuten kuvassa 4.21 on tehty.

Device-Configuration

Device-Configuration Sets

Device-Config-Set View

Relay parameter pattern list | Look for: rel670

Search In: Remove Filter

| | User | Manufacturer | Pattern Name | Relay Version | Pattern Version | Technology | Comment |
|--|------|--------------|--------------|---------------|-----------------|------------|------------|
| | | ABB | REL670 | V2.40 | | Digital | PCM600v2.4 |

1 of 1

Device-config-set list | Look for:

Search In: Remove Filter

| | Group | Device-Config-Set Name | Description |
|--|-------|------------------------|-----------------------|
| | Z | 1-/3-nap.lauk. | 1-napainen PJK o... |
| | Z | 1-/3-nap.lauk. (SC) | 1-napainen PJK ei... |
| | Z | 110kVsaamVerikko | 110 kV sammutett... |
| | Z | 3-nap.laukaisu | 1-napainen PJK ei... |
| | Z | 3-nap.laukaisu (SC) | 1-napainen PJK ei... |
| | Z | Heik sLog 3napL | Heikonsyötölogik... |
| | Z | SC & 1-/3-nap.I (SC) | Sarjakompensoitu ... |
| | Z | SC & 3-nap.lauk. (SC) | Sarjakompensoitu ... |
| | Zlisä | Lukitus | Blocking |
| | Zlisä | Perustoiminnot | Perustoiminnot ja ... |
| | Zlisä | POTT | PermissiveOR+kat... |

Parameters | Look for:

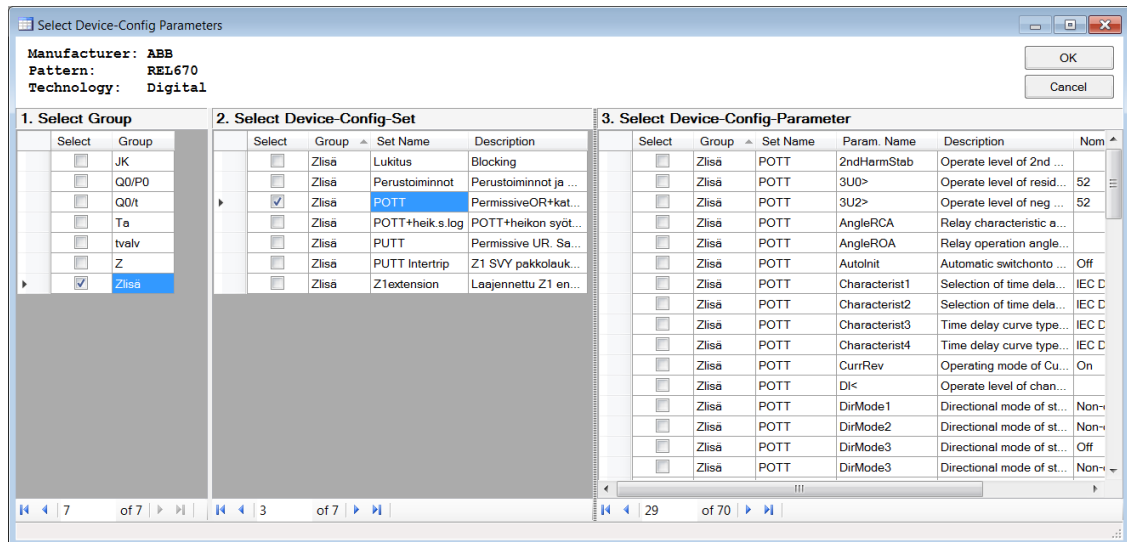
Search In: Remove Filter

| | | Address | Param. Name | Nominal (Secondary) | Unit | Data Type | Param. Description | |
|--|------------------------------|---------|---------------|---------------------|------|-----------|--------------------|-------------------------|
| | Group1/ | | lub> | 90 | | %M | Double | Unbalance current... |
| | 1/Setting Group1/ | | tDelayRev | 0.1 | | s | Double | Time Delay to prev... |
| | oup1/ | | tDuration | 0.02 | | s | Double | Time delay for UI d... |
| | OC: 1/Step 4/Setting Group1/ | | Characterist4 | IEC Def. Time | | | Enum | Time delay curve t... |
| | OC: 1/Step 3/Setting Group1/ | | Characterist3 | IEC Def. Time | | | Enum | Time delay curve t... |
| | 1/Step 2/Setting Group1/ | | Characterist2 | IEC Def. Time | | | Enum | Selection of time d... |
| | 1/Step 1/Setting Group1/ | | Characterist1 | IEC Def. Time | | | Enum | Selection of time d... |
| | 1/General/ | | MeesType | DFT | | | Enum | Selection between ... |
| | Group1/ | | OpMode | 1 out of 3 | | | Enum | Select operation m... |
| | 1/Setting Group1/ | | tSecurity | 0.035 | | s | Double | Security timer for l... |

Kuva 4.21 REL670-releen Zlisä-toiminnon POTT-ohjelma [19].

Ongelmia muodostuu, jos REST-järjestelmän ohjelmakytkin ei löydy RELEX-mallista. Yleisin tapaus näistä on, että parametri on luotu REST-järjestelmään auttamaan asettelijan toimintaa, kuten on/off-valinnat kytkimiin, joita ei todellisuudessa ole releessä. Toinen ongelma ovat REST-järjestelmän informatiiviset ohjelmakytkinten arvot, kuten Katso asettelukytkin *FSD_operation*. Kyseiset arvot tulevat jo asettelukytkinpuolelta, jolloin kytkintä ei kannata luoda ohjelmakytkinohjelmaan, jotta päällekkäisyyksiä ei tapahtuisi. Ongelmana ovat myös kentät, joihin tulisi syöttää arvo, mutta REST-järjestelmään on kirjattu tekstikenttä. Nämä kentät vaativat IPS-järjestelmässä numeraalisen arvon, joka on ratkaistava tapauskohtaisesti.

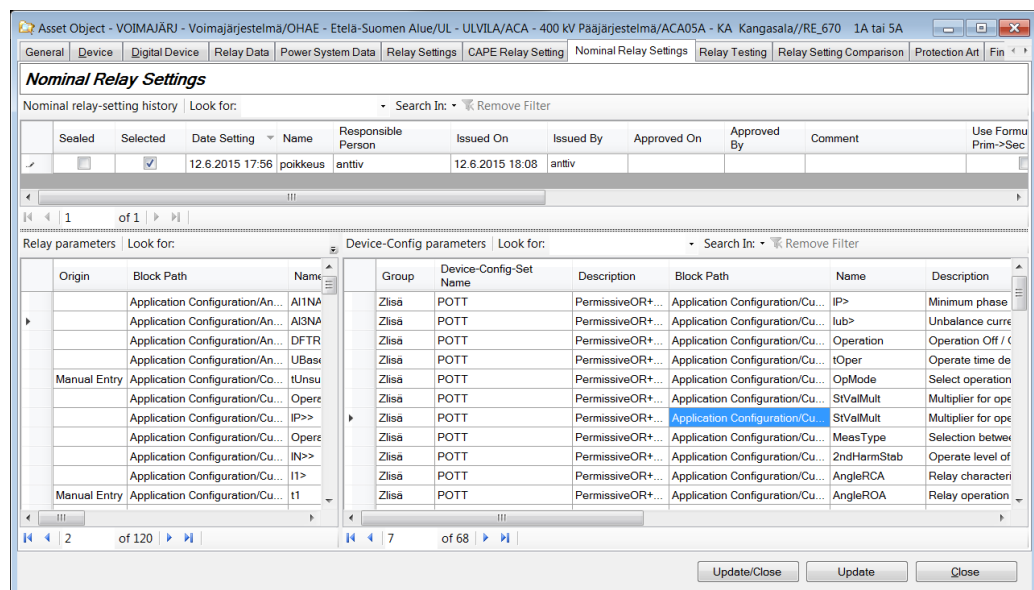
Kun ohjelmat on luotu PSM:n Device Configurationin ohjelmakytkinkombinaatiokirjastoon, voidaan ohjelmat ottaa käyttöön todelliselle relesijainnille Asset Managementissa. Kuvassa 4.22 on kuva Ulvila-Kangasala-voimajohdon REL670-releestä, johon liitetään releen käyttöön haluttu ohjelma. Koska REST:ssä ohjelmat ovat toiminnoittain, tulee releelle IPS-järjestelmään lisätä jokaiselta toiminnolta käytössä oleva ohjelma. Tämä johtuu siitä, että IPS-järjestelmän rele sisältää jokaisen REST-järjestelmän toiminnon. Kuvassa 4.22 lisätään vain Zlisä-toiminnon POTT-ohjelma. POTT-ohjelmassa valittavina ovat kaikki kyseisen ohjelman ohjelmakytkinkirjastoon linkitetyt parametrit. Valinta on turha, sillä käyttäjä valitsee aina kaikki parametrit kyseisestä ohjelmasta. Toimintoa ei kuitenkaan kannata poistaa tulevaisuuden varalta, jos ohjelmaa halutaan käyttää toisin.



Kuva 4.22 Ohjelmakytkin kombinaatioiden lisääminen relesijaintiin todelliselle releelle [19].

Kun järjestelmän ohjelmakytkimet on valittu, IPS-järjestelmä lataa ohjelmakytkimet arvoineen Ulvila-Kangasala-voimajohdon REL670-releelle. Kyseinen valinta tehdään releen todellisessa sijainnissa *Nominal Relay Settings* -välilehdellä. Ohjelmakytkimet ilmestyvät kyseisen välilehden *Device-Config parameters* -ikkunaan. Tällä hetkellä ongelmana on, että ohjelmakytkinten arvot eivät linkity asettelukytkinten arvoiksi *Relay Settingsin* -välilehdelle, josta koestajat lataavat digitaalisten releiden asettelutiedostot. Tämä tarkoittaisi sitä, että ohjelmakytkinten arvot jäisivät pois asettelutiedostosta. Kyseinen linkitys ohjelmakytkinten ja asettelukytkinten välille tulisi saada kuntoon ennen IPS-järjestelmän käyttöönottoa.

Toinen ongelma on ohjelmakytkinten arvot, joita ei voida muuttaa ohjelmakytkimen ladatusta arvosta "Nominal Relay Settings" -välilehdellä (kuva 4.23). Kuitenkin ohjelmakytkinten vakioarvoja joudutaan muuttamaan kohteeseen sopivammaksi releen sijainnista riippuen.



Kuva 4.23 Valittu ohjelma UL-KA-voimajohdon REL670-releellä [19].

Yksi ratkaisuvaihtoehto olisi, että ladatun ohjelmakytkeimen vakioarvon viereen saataisiin uusi kenttä, johon käyttäjä voi syöttää halutun muutoksen. Tällöin muutoskenttä olisi "vahvempi" asettelukytkeimen mielestä ja IPS-järjestelmä käyttäisi aina tähän kenttää syötettyä arvoa, joka kumoaisi alkuperäisen. Tällöin myös ero alkuperäisen ja muutetun arvon välillä olisi helppo nähdä, koska muutoin "vahvempi" kenttä jätettäisiin tyhjäksi. Näin muutettu ohjelmakytkeimen arvo saataisiin yhdistettyä oikein asettelukytkeimelle.

5 REL670 TOTEUTUS JÄRJESTELMÄÄN

Luvussa 5 luodaan REL670-rele nykyiseen IPS-järjestelmään soveltuvaksi REST-järjestelmän tietojen pohjalta. Samalla releen toimintoja pyritään karsimaan siten, ettei se heikennä asettelijan toimintaa suhteessa vanhaan järjestelmään. REL670-rele on johtosuoja-rele, minkä vuoksi luvussa käsitellään johtokentänsuojausta. Soveltuvuus tehdään toiminta-arvojen ja asettelukytkimien välillä. Ohjelmakytкимиä sivutaan, mutta niitä ei voida täysimääräisesti tarkastella, koska työn sivumäärä kasvaisi tällöin liian suureksi. On kuitenkin huomioitavaa, että ohjelmakytкимиet ovat myös tärkeä osa releiden toimintaa, sillä ne ohjaavat releen toimintaa ja on yhteen sovitettu releen logiikoiden kanssa.

Uutta relettä käyttöönotettaessa joudutaan IPS-järjestelmässä tekemään seuraavat toimenpiteet:

1. Standardikonfiguraatiodoston lataus RELEX-malliksi
2. Toimintojen ja toiminta-arvojen luonti järjestelmään
3. Toiminta-arvojen kaavat PSD:hen
4. RELEX-malliin kaavat asettelukytkimien ja toiminta-arvojen välille
5. Ohjelmien ja ohjelmakytкимиien luonti ja linkitys asettelukytkimille
6. Releen luonti oikeaan sijaintiin
7. Valitaan halutut releen toiminnot Topology Managerissa
8. Toiminta-arvojen, asettelukytkimien ja ohjelmakytкимиien tuonti relesijaintiin

Käyttöönotettaessa uutta relettä tehdään releelle ensimmäisenä tyyppi ja käyttöönottestaukset, jossa luodaan releen standardikonfiguraatiodosto Fingridin, relevalmistajan ja urakoitsijan toimesta. Tämä tiedosto pitää sisällään releeseen halutut asettelu- ja ohjelmakytкимиet. Samassa yhteydessä luodaan toiminnot ja toiminta-arvot, jotka vaikuttavat asettelukytkimiin, jotka releessä halutaan saada aseteltua. Kyseiset toiminnot ja toiminta-arvot luodaan IPS-järjestelmän Topology Manageriin. Asettelukytкимиet, jotka eivät viittaa toiminto-arvoihin tai ohjelmakytкимиin saavat arvot tehtaan oletusasetuksista.

Tämän jälkeen IPS-järjestelmän PSD-välilehdelle tulee linkittää kaavat, joiden avulla kuormitettavuuslaskelmat ja releliitynnät, kuten johto-, muuntaja-arvot saadaan linkitettyä toiminta-arvoiksi. Lisäksi kaavat tulee luoda toiminta-arvoille, jotka viittaavat samaan asettelukytkimen arvoon. Yksi toiminta-arvo voi kerrallaan viitata yhteen asettelukytkimeen.

RELEX-malliin tulee toteuttaa jokaiselle asettelukytkinriville kaavat toiminta-arvoista asettelukytkimiin ja asettelukytkimistä toiminta-arvoihin. Siirtymävaiheessa kaavat otetaan suoraan REST-järjestelmästä ja käytetään sellaisenaan. Uutta relettä luotaessa kaavat

tulee toteuttaa vanhojen releiden kaavoja mukaillen, jotta toiminta-arvot pysyvät vertailukelpoisina.

Ohjelmakytkinten osalta on tyyppi- ja käyttöönottestauksessa luotu releen ohjelmat ja ohjelmakytkimet, jotka tulee luoda käsin IPS-järjestelmään. Samalla jokainen ohjelmakytkin tulee linkittää oikeaan asettelukytkimeen. Tässä vaiheessa tulee tarkastaa, että jokaisella ohjelmakytkimellä on sovittu määrä enum-arvo vaihtoehtoja tarjolla RELEX-mallin asettelukytkinpuolella.

Edellisten vaiheiden jälkeen releen perusdata on luotu järjestelmään. Seuraavaksi luodaan rele oikealle sijainnille Asset Management puolelle, jonka seurauksena rele linkittyy Topology Managerin puolelle. Topology Managerissa valitaan releelle luodusta kirjastosta halutut toiminnot. Toimintojen lisäyksen jälkeen releelle muodostuu toiminta-arvot, jotka asettelija kykenee asettelemaan. Asset Managementin puolelle asettelut tulevat vasta, kun releen sijaintiin on linkitetty oikeat toiminnot, RELEX-malli ja ohjelmakytkimet. Linkityksen jälkeen rele on valmiina käyttöön.

ABB:n REL670-rele luodaan uuteen järjestelmään suoraan REST-järjestelmän pohjalta. Tästä syystä IPS-järjestelmässä voidaan käyttää REST-järjestelmän kaavoja asettelukytkimien ja toiminta-arvojen välillä. Tämän vuoksi tässä luvussa käydään läpi toiminto ja toiminta-arvo kohtaisesti REL670-releen rakentamista järjestelmään. Muut vaiheet voidaan luoda IPS-järjestelmään sellaisenaan.

5.1 Distanssitoiminnot

Distanssitoiminnoista asettelija valitsee ensin toiminnon sen perusteella, onko suojattava johto sarjakompensoitu vai kompensoimaton johto. Kyseiset toiminnot ovat toisensa poissulkevat, joten toiminnoille on luotu järjestelmään omat RELEX-mallinsa, joista molemmat sisältävät distanssireleen lisätoiminnot. IPS-järjestelmä ei vielä sisällä sarjakompensoituun verkkoon soveltuvaa RELEX-mallia, minkä vuoksi tarkastelut on tehty kompensoimattoman johtolähdön RELEX-mallille.

5.1.1.1 Distanssitoiminto normaaliin sähköverkkoon

Distanssitoiminnon ensimmäiset toiminta-arvoasettelut ovat REST-järjestelmässä virta- ja jännitemuuntajien nimellisvirrat. IPS-järjestelmässä kyseiset arvot saadaan suoraan IPS:n kannasta, joten kyseisiä arvoja ei tarvitse erikseen asettaa. Jos rele kuitenkin käyttää välivirta- tai välijännitemuuntajaa, on kyseinen mittamuuntaja lisättävä relesijainnin tietoihin. Muut distanssitoiminnon normaalinverkon toiminta-arvot ovat luotuna Topology Managerin kantaan (liite 6). Toimita-arvot ovat vastaavat REST-järjestelmän kanssa.

Kun toiminta-arvo on luotu, asettelija kykenee asettelemaan distanssitoiminnon toiminta-arvot Topology Manager -sivulla. Tämän jälkeen vaaditaan toiminta-arvojen linkitys relesijainnin PSD-välilehdelle. Linkitys tapahtuu PSD-linkityksen kautta. Muut distanssitoiminnon arvot kyetään linkittämään suoraan, mutta johtoarvoista laskettavat *FiiL*, *k01*, *k02*, *RNRL* ja *k0* tulee laskea Calculation Studion kautta. Tämä johtuu siitä, että toiminta-arvolla J valitaan, syöttääkö asettelija kyseisen arvon toiminta-arvona ($J=0$) vai annetaanko ohjelman laskea kyseiset arvot suoraan johtoarvoista ($J=1$). Kaavat toiminta-arvoille *FiiL* ja *RNRL* löytyvät liitteestä 7.

Normaalin distanssitoiminnon toiminta-arvojen ja asettelukytkimien kaavat ovat vastaat kuin REST-järjestelmässä (kappale 3.2.1), joten ne on lisätty sellaisinaan RELEX-mallin kaavasarakkeeseen. Ainoa poikkeus on toiminta-arvo J , jolle ei ole asettelukytkintä. Tämän vuoksi toiminta-arvoa ei linkitetä PSD-välilehtitasolta relesijainnille. Distanssitoiminnon asettelut on kokonaisuudessaan helppo luoda järjestelmään toiminta-arvojen osalta.

5.1.1.2 Distanssitoiminto sarjakompensoituun sähköverkkoon

Sarjakompensoituun sähköverkkoon tarkoitettua distanssitoiminto tulee luoda omaksi RELEX-mallikseen standardikonfiguraatiotiedoston avulla. Uusi RELEX-malli tarkoittaa, että kyseiselle mallille luodaan myös oma toiminto ja toiminta-arvot kuten REST-järjestelmässä. Samoin toiminnolle luodaan oma linkitys PSD-välilehdillä. Yksilöllinen RELEX-malli mahdollistaa sen, että jokainen toiminta-arvo saadaan linkitettyä omalle asettelukytkimelleen.

5.1.1.3 Distanssireleen lisätoiminnot

Distanssireleen lisätoiminnot luodaan myös erillisenä toimintona järjestelmään, mutta lisätoiminnot löytyvät sekä normaalista distanssitoiminnon RELEX-mallista että sarjakompensoidun distanssitoiminnon RELEX-mallista. Toiminta-arvot luodaan samoiksi kuin REST-järjestelmän yhteydessä.

Toiminta-arvojen linkitys sijaintiin pystytään tekemään suoraan muiden arvojen paitsi johtoarvojen osalta, sillä ne linkitetään Calculation Studion kaavojen avulla. Kaavat tehdään toiminta-arvosta J johtuen. Johtoarvot, joille tehdään kaavat, ovat listattuina taulukossa 3.13.

Toiminta-arvojen ja asettelukytkimien kaavat voidaan tehdä kappaleen 3.2.3 mukaisesti, paitsi toiminta-arvolle J , josta ei ole asettelukytkintä. J -arvo jätetään vain PSD-välilehden linkitykseen. Seuraavaksi tarkastellaan ohjelmakytkimien luontia kappaleissa 3.2.3.2 ja 3.2.3.3 käsiteltyjen heikonsyötönlogiikan ja jännitepiirin katkoksenvalvojan yhteydessä.

Tarkastellaan ensin jännitteempiirin katkoksenvalvojan kahta ohjelmakytkintä, jotka ovat *3U0>* ja *3U2>*. Kyseiset arvot ovat luotu REST-järjestelmään kuvan 5.1 mukaisella tavalla, jossa molemmille arvoille on annettu kaksi enum-arvoa eli arvoa, joista jommankumman tulee olla valittuna. Todellisuudessa releelle tulee kuitenkin syöttää arvo väliltä 0—100 %. IPS-järjestelmä tukee todellista arvoa, kuten kuvan 5.1 IPS-järjestelmän ohjelmakytkinriveistä voidaan havaita. Kuitenkin REST-järjestelmän *Asennon vaikutus* -sarake halutaan säilyttää informaatioksi asettelijalle, ja sen vuoksi se on lisättävä tietokennäksi IPS-järjestelmän ohjelmakytkinriville. Siten ohjelmakytkinten asettelu ei muutu huomommaksi asettelijan kannalta uuteen järjestelmään siirryttäessä.

| | | | | | |
|-------------------------------|--|------|----|-----|--------|
| F)/SDDRFUF: 1/Setting Group1/ | | 3U0> | 52 | %UB | Double |
| F)/SDDRFUF: 1/Setting Group1/ | | 3U2> | 52 | %UB | Double |

| No | J | Yksikkö | Nimi | Asento | Asennon vaikutus |
|----|---|---------------|-----------------|------------------|--|
| | | EF4PTOC | DirMode4 | 52 %*Uvaihe | JM-piirin katkoksenvalvojan 3U0-asettelu |
| | | EF4PTOC | step 4 | 1...100 %*Uvaihe | JM-piirin katkoksenvalvojan 3U0-asettelu |
| | | EF4PTOC | Characterist4 | | |
| | | EF4PTOC | IN4Mult | | |
| | | EF4PTOC | HarmRestrained4 | | |
| | | EF4PTOC | tReset4 | | |
| | | SDDRFUF | Operation | | |
| | | SDDRFUF | OpMode | | |
| | | SDDRFUF | 3U0> | | |
| | | SDDRFUF | 3U2> | | |
| | | DRFUF (DU/DI) | OpDUDI | | |
| | | DRFUF (DU/DI) | DU> | | |
| | | DRFUF (DU/DI) | DI< | | |
| | | DRFUF (DU/DI) | UPh> | | |
| | | DRFUF (DU/DI) | IPh> | | |
| | | SDDRFUF | Sealln | | |
| | | SDDRFUF | USealln< | | |

RSRM02 - RELEVERSION TIEDOT : Zlisä 20 RE_670 1A tai 5A Ohjelma+1>

Sulje Hakuehdot Hae Tallenna Uusi Poista Järjestys... M-portaat... Kopioi... Kaavat Kuorm. Kuvio Releversio

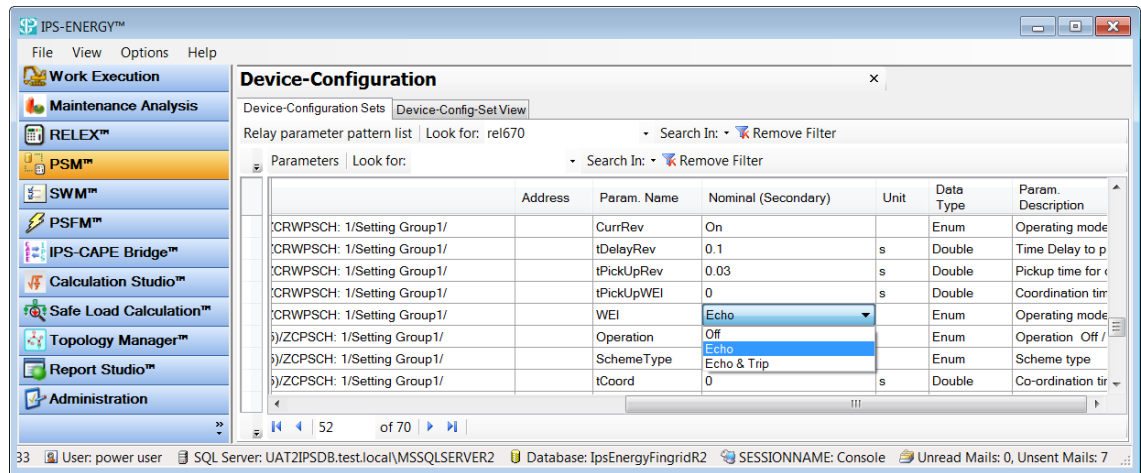
☐ Asettelukytkimet ☐ Toiminta-arvot ☒ Ohjelmakytkimet ☐ Ohjelmointi

<<< >>> ?

Kuva 5.1 Jännitteempiirin katkoksenvalvojan ohjelmakytkimet IPS- ja REST-järjestelmissä [5,19].

IPS-järjestelmässä ohjelmakytkinriviä ei pysty luomaan ilman, että se olisi linkitetty RELEX-mallin asettelukytkimelle. Siten jokainen ohjelmakytkimen rivi vastaa todellista asettelukytkintä. Tämä estää monen ohjelmakytkimen luonnin samalle asettelukytkimelle.

Heikonsyötönlogiikan kaiutukseen tarkoitettu ohjelmakytkin on luotu REST-järjestelmään taulukon 3.12 mukaisesti. IPS-järjestelmään kyseinen ohjelmakytkin on tehty kuvan 5.2 mukaisesti.



Kuva 5.2 Heikonsyötön kaitukseen tarvittava ohjelmakytin [19].

Molemmissa järjestelmissä käytössä ovat enum-arvot, mutta IPS-järjestelmästä puuttuu enum-arvo *CB open Echo*, minkä vuoksi tätä arvoa ei voi käyttää IPS-järjestelmässä. Tämä tarkoittaa, että puuttuva arvo on luotu Fingridin toiveesta kyseiseen releeseen ja lisätty REST-järjestelmän tietokantaan, minkä vuoksi IPS-järjestelmän RELEX-malli ei tue kyseistä ohjelmaa. Ratkaisuna tähän on se, että IPS-järjestelmään ladataan Fingridin oma standardikonfiguraatiotiedosto omaksi RELEX-mallikseen. Tämän jälkeen ohjelma-kytkimet saadaan oikein IPS-järjestelmään. Standardikonfiguraatiotiedostojen ajo tulee tehdä mahdollisimman nopeasti, jotta IPS-järjestelmän käyttöönotto ei venyisi. Ilman oikeita konfigurointitiedostoja IPS-järjestelmää ei voida ottaa käyttöön.

5.2 Suunnatut maasulkutoiminnot

Suunnattuja maasulkutoimintoja ovat suunnattu vakiohidasteinen maasulkutoiminto, suunnattu käänteisaikainen maasulkutoiminto ja suunnattu vakioaikainen maasulkutoiminto sammutettuun verkkoon. Toimintoja ei koskaan käytetä päällekkäin samassa releessä, vaan asettelija valitsee vaihtoehdoista soveltuvimman toiminnon kyseiseen suojauskohteeseen. Jokaiselle toiminnolle voidaan käyttää samaa RELEX-mallia. Tämä tarkoittaa sitä, että jokaisen toiminnon asettelukytkimet löytyvät samasta mallista. Tämä helpottaa suunnatun maasulkutoiminnon rakentamista järjestelmään.

Jokainen toiminto ja toiminta-arvo luodaan erikseen IPS-järjestelmän Topology Manageriin, minkä jälkeen toiminnoille tulevat REST-järjestelmän mukaiset toiminta-arvot. Lisäksi toiminta-arvot ovat samat asettelukytkimien kanssa, joten kaavat näiden välille voidaan rakentaa suoraan REST-järjestelmän kaavoista.

Asetellun toiminta-arvon linkitys relesijainnille pitää valtaosin toteuttaa Calculation Studion avulla, sillä kaikilla toiminnoilla on useita toiminta-arvoja, jotka vastaavat samoja asettelukytkimien arvoja. Yksilöllisyydestä johtuen kaavat on tehty tarkastamaan jokaisen toiminnon toiminta-arvo, joka viittaa samaan asettelukytkimeen. Esimerkiksi havah-
tumisvirta *IO>* asetellaan jokaisessa toiminnossa. Kaava tarkastaa ensin Q0/P0-toiminnon

sen jälkeen Q0/t-toiminnon ja lopuksi Q0/P0 sam. -toiminnon. Kaava palauttaa arvon, joka ensimmäisenä tulee vastaan. Jos siis vain Q0/t-toiminnon toiminta-arvo $I0>$ on aseteltu, hyppää kaava Q0/P0-toiminnon yli ja palauttaa arvon Q0/t-toiminnosta. Näin on tehty myös muille toiminta-arvoille, jotka viittaavat eri toimintojen sisällä yhteen asettelukytkimeen.

REST-järjestelmästä poiketen jokaiseen toimintoon luodaan yksi ylimääräinen toiminta-arvo $I2f/If$, joka on kytkentävirtasalpatoiminnon toiminta-arvo. Samoin maasulkutoimintoihin lisätään kytkentävirtasalpatoiminnon kaksi ohjelmakytkintä. Kytkentävirtasalpatoiminto käyttötieto on kuitenkin tärkeä asettelijoiden kannalta, ja siksi toiminta-arvon asettelun jälkeen asettelijan tulee lisätä Asset Managementin *Relay Class* -sarakeeseen (kuva 4.3) tieto, että kyseinen toiminto on käytössä. Näin varmistutaan, että toimintoa käyttävät releet saadaan haettua järjestelmästä.

5.3 Salpatoiminnot

Salpatoiminnot jaetaan kahteen ryhmään: kytkentävirtasalpatoimintoon ja heilahtelusalpatoimintoon. Kuten edellisessä kappaleessa mainittiin, niin kytkentävirtasalpatoiminto sulautetaan maasulkutoimintojen kanssa yhteiseen toimintoon. Heilahtelusalpatoiminto luodaan omana toimintonaan ja sen alle toiminnon toiminta-arvot. Toiminto ja toiminto-arvot luodaan REST-järjestelmää vastaaviksi. Samoin toiminta-arvojen ja asettelukytkimien kaavat toteutetaan REST-järjestelmän kaavojen mukaan. Ainoastaan toiminta-arvo *FiiL* tulee laskea johtoarvojen kautta Calculation Studion avulla. Salpatoimintojen rakentaminen järjestelmään on siis hyvin yksinkertainen prosessi.

5.4 Jälleenkytkentä ja tahdistustoiminnot

Jälleenkytkentätoiminto luodaan omana toimintonaan järjestelmään. Samoin luodaan toiminta-arvot REST-järjestelmää vastaavaksi (taulukko 3.25). Myös toiminta-arvot *PJK* ja *AJK* luodaan Topology Manageriin. Tosin kyseiset arvot ovat vain asettelijoille tiedoksi, eikä niitä linkitetä relesijainnille, koska kyseisille toiminta-arvoille ei ole omaa asettelukytkintä.

Jälleenkytkennän toiminta-arvojen linkitys relesijainnille voidaan tehdä suoraan relesijainnin PSD-välilehdelle. Poikkeuksena on toiminta-arvo $t_{lop.lauk}$, jonka suuruus riippuu siitä, käytetäänkö PJK:ta ja AJK:ta. Kyseinen arvo lasketaan Calculation Studiolla kuvan 4.19 kaavalla. Toiminta-arvojen ja asettelukytkimien kaavat ovat samat kuin REST-järjestelmässä, joten ne voidaan luoda uuteen järjestelmään luoda sellaisenaan.

Jälleenkytkentätoiminnon haasteet tulevat ohjelmakytkimistä, koska periaate, jolla Fingrid käyttää ohjelmakytkimiä, on erilainen kuin valmistajan suunnittelema normaali menettely. Kyse on 1-vaiheisen ja 3-vaiheisen PJK:n käytöstä. Maailmalla suurin osa käyttää

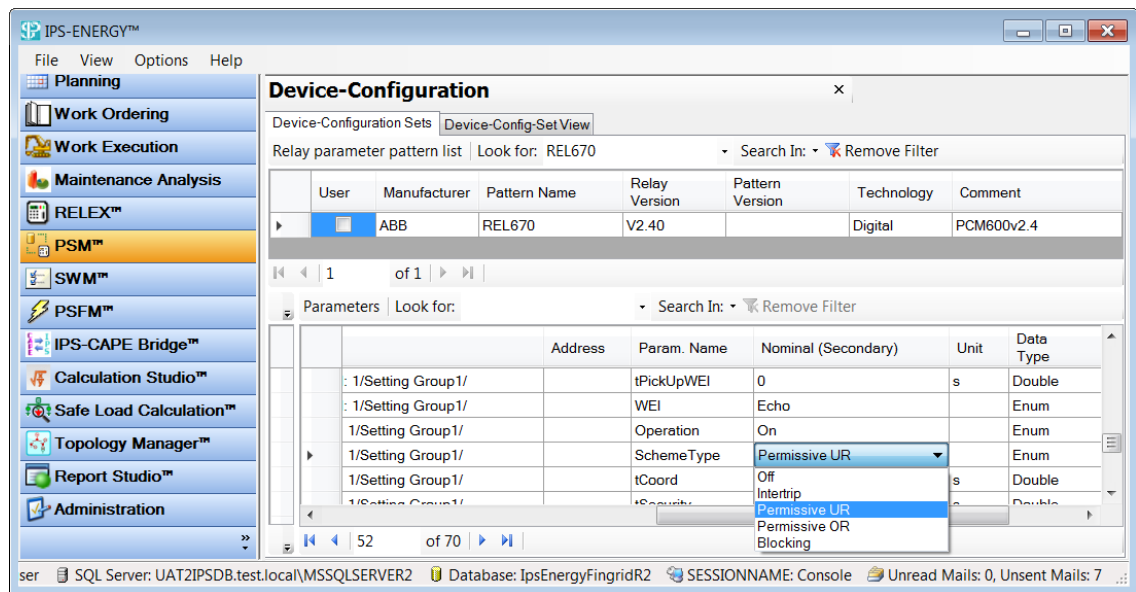
vain 1-vaiheisten PJK:ta, kun taas Fingridissä käytössä on useimmissa tapauksissa 3-vaiheinen PJK. Tämän vuoksi ohjelmakytкимиä $t1\ 1Ph$, $t1\ 3Ph$ ja $t2\ 3Ph$ käytetään erilaisella periaatteella kuin REL670-valmistaja on suunnitellut niitä käytettävän. Normaalisti $t1\ 1Ph$:ta käytetään 1-vaiheisen PJK:n aika-asetteluun, $t1\ 3Ph$:ta 3-vaiheisen PJK:n aika-asetteluun ja $t2\ 3Ph$:ta AJK-ajan asetteluun. Kuitenkin Fingridissä asetellaan $t1\ 1Ph$ -arvoksi PJK:n aika-arvo riippumatta siitä, onko käytössä 1-vaiheinen vai 3-vaiheinen PJK. $T1\ 3Ph$ -arvoon asetellaan AJK-aika, kun rele ei tee PJK:ta ja $t2\ 3Ph$:hon AJK-aika, kun rele on tehnyt PJK:n. Sekaannusta PJK:n käytöstä samaan parametriin ei tule, koska koestaja näkee ohjelmakytkimestä *TRP1 Program*. Kyseisiin asettelukytkimiin tulee tehdä selkeät aputekstit, joista parametrien erikoinen käyttö käy ilmi.

Tahdistus- ja tahdissaolonvalvojatoiminnot luodaan sellaisenaan Topology Managerin toimintokirjastoon. Tahdissaolonvalvojasta poistetaan toiminta-arvot *df_käsin*, *df_saa-ren_tunnistus* ja *df_saari*, jotka kuuluvat käsin tahdistukseen eli tahdistintoimintoon. Tahdistintoiminnon toiminta-arvot pidetään taulukon 3.27 mukaisena.

Tahdistin ja tahdissaolonvalvoja sisältävät samoja toiminta-arvoja, kuten U_{on} ja U_{ei} , jotka viittaavat samaan asettelukytkimeen. Näille joudutaan luomaan linkitys Calculation Studion avulla. Calculation Studion kaava käy ensin läpi toiminta-arvon tahdissaolonvalvojatoiminnosta ja sen jälkeen tahdistintoiminnosta, jos ensimmäinen arvo on ollut tyhjä. Kaava palauttaa sen arvon, johon se törmää ensimmäisenä. Toiminta-arvojen linkkaus asettelukytkimiin voidaan molempien toimintojen tapauksessa luoda suoraan REST-järjestelmän kaavoista.

5.5 Viestiyhteystoiminnot

Viestiyhteystoiminnot ovat REST-järjestelmässä ohjelmakytkinpuolella ohjelmina distanssitoiminnon lisäreleessä. Viestiyhteystoiminnoilla ei siis ole toimintoja, toiminta-arvoja tai asettelukytkimiä vaan pelkät ohjelmakytkimet. Kuvista 3.14 ja 5.3 nähdään, että REST-järjestelmän ja IPS-järjestelmän viestiyhteyden valinnan ohjelmakytkimet vastaavat toisiaan.



Kuva 5.3 Viestiyhteystoimintojen valinnan ohjelmakytkin IPS-järjestelmässä [19].

Viestiyhteystoimintojen luonti onnistuu siis jo nykyiseen RELEX-malliin. Relesijainnissa ohjelmakytkimen ohjelma määräytyy suoraan ohjelmakytkimen arvosta. Tällöin oikean viestiyhteyden saaminen releeseen vaatii asettelijalta vain halutun ohjelmakytkimen ohjelman valitsemisen.

5.6 Relemallin testaus

Relemallin suunnittelun ja rakentamisen jälkeen relemalli tulee pystyä testaamaan ennen sen käyttöönottoa ja arvojen syöttöä releelle. Virheellinen arvo asettelukytkimessä voi aiheuttaa releen virheellisen toiminnan normaalissa käyttötilanteessa ja siten aiheuttaa haittaa verkon kulutukselle tai tuotannolle. Jokainen relemallin parametri tulee vastata releeseen syötettävää parametria niin toiminnollisuutensa kuin arvonsa puolesta, jotta virhetilanteilta välttyttäisiin. Seuraavassa käydään läpi relemallin testausta, joka soveltuu jokaiselle IPS-järjestelmässä olevalle tai tulevalle releelle.

Ensimmäisenä tulee varmistua, että IPS-järjestelmään ladattu RELEX-malli vastaa täysin valmistajaohjelman standardikonfiguraatiotiedostoa. Tämä toteutetaan vertaamalla valmistajaohjelmassa olevaa standardikonfiguraatiotiedostoa IPS-järjestelmän RELEX-malliin. Jokainen parametri ja enum-arvo vaihtoehto tulee löytyä kyseisestä RELEX-mallista. Jos puutteita ilmenee, tulee konfiguraatiotiedosto antaa IPS-järjestelmän hallinnoitsijalle, jonka tehtävänä on luoda toimiva konfiguraatiotiedosto. Manuaalisesti parametreja ei saa lisätä RELEX-malliin digitaalisilla releillä, koska manuaalisesti lisätyt parametrit eivät osaa linkittyä todelliselle releelle asettelutiedostoa siirrettäessä.

Seuraavaksi rele luodaan IPS-järjestelmän testisijaintiin, jonne linkitetään RELEX-malli ja asettelukytkimien arvot valmistajaohjelmasta. Tämän jälkeen verrataan valmistajaoh-

jelman ja IPS-järjestelmän asettelukytkimien arvoja keskenään. Myös ohjelmien ja ohjelmakytkimien linkitys tulee tarkastaa tässä vaiheessa. Asetteluojen ollessa samat, ladataan IPS-järjestelmästä asettelutiedosto valmistajaohjelmaan. Näin voidaan varmistua, että arvot linkittyvät oikeille parametreille ohjelmien välillä. Parametrien vastatessa toisiaan voidaan RELEX-mallia pitää oikeana.

Toisena vaiheena tulee tutkia toiminta-arvojen kaavat ja linkitys relesijainnin PSD-välilehdelle. Topology Manageriin syötetyt toiminta-arvot voidaan tarkistaa PSD-välilehdeltä. Jos relesijainnin PSD-välilehdelle on ilmestynyt sama arvo kuin Topology Managerin puolelle on syötetty, voidaan toiminta-arvojen linkitystä pitää onnistuneena. Erillisenä tulee tarkistaa kuormitettavuuslaskelmat ja johtoarvoilla lasketut kaavat. Kyseiset parametrit tulee laskea käsin aluksi käsin, jotta varmistutaan toiminta-arvojen oikeellisuudesta.

Viimeisenä vaiheena on tutkia linkitykset asettelukytkimien ja toiminta-arvojen välille. REST-järjestelmästä siirretyillä releillä tämä on helppoa, koska toiminta-arvoiksi voidaan syöttää suoraan REST-järjestelmän arvo ja verrata molempien järjestelmien vasteita toisiinsa. REST-järjestelmän arvoja voidaan pitää referenssinä todelliselle arvolle. Uusille releille paras tapa on käyttää relevalmistajan vanhan releen arvoja ja verrata samoja asettelukytkintenarvoja toisiinsa. Jos uudessa releessä on käytössä uusia parametreja, on nämä syytä tarkistaa käsin. Kaavat tulee tarkistaa molempiin suuntiin. Toiseen suuntaan tarkistus on helppoa, sillä toiminta-arvoja voi tällöin verrata alkuperäiseksi aseteltuun toiminta-arvoon.

6 YHTEENVETO

Työn tavoitteena oli luoda kuvaus REST- ja IPS-järjestelmien eroista ja muodostaa käsitys siitä, mitä ominaisuuksia uudessa järjestelmässä on ja mitä tulisi kehittää, jotta tulevasta kantaverkon releasettelutietokantajärjestelmä kokonaisuudesta saataisiin mahdollisimman käyttäjäystävällinen ja ominaisuuksiltaan riittävä asettelijoiden, koestajien käyttöön. Yhteenvetona voidaan todeta, että valmiina tuotteena saatu IPS-järjestelmä erosi melkoisesti nykyisestä REST-järjestelmästä.

IPS-järjestelmä oli suunniteltu järjestelmäksi, jossa asettelijat käyttävät koestuslaitteita ja asettelevat asettelu- ja ohjelmakytkimien arvot järjestelmään. Alkuperäinen IPS-järjestelmä ei sisältänyt REST:n tapaan toimintoja, toiminta-arvoja ja ohjelmia. Ohjelma oli selvästi suunniteltu jakeluverkkojen käyttöön, jossa releiden tarvitsemia toimintoja ja parametreja on vähemmän käytössä. Tämän vuoksi järjestelmä on vaatinut suuria muutoksia, jotta se on saatu sopivaksi kantaverkkoyhtiölle. Tässä työssä hahmoteltiin nykytilannetta ja sitä, mitä muutoksia järjestelmään joudutaan vielä tekemään, jotta järjestelmä voidaan ottaa käyttöön.

Toiminnot, toiminta-arvot ja ohjelmakytkimet tuli luoda IPS-järjestelmään. Koska järjestelmä ei aikaisemmin sisältänyt kyseisiä toiminnollisuuksia, on Fingrid saanut ohjelman rajoitteiden puitteissa rakentaa IPS:n kanssa järjestelmän ominaisuudet mieleisekseen.

Uusi järjestelmä helpottaa koestajien toimintaa ja mahdollistaa digitaalisten releiden reletiedostojen latauksen suoraan ohjelmaan ja ohjelmasta releeseen. Lisäksi RELEX-mallit sisältävät todellisen Fingridin standardikonfiguraatiotiedoston, josta löytyvät releessä todellisuudessa käytössä olevat asettelu- ja ohjelmakytkimet. Tämä helpottaa asettelijoiden työtä, sillä ohjelmakytkimien paikkansapitävyys ei jää vain koestajan varaan kuten nykyisessä järjestelmässä.

Tämän hetken järjestelmän puutteista yksi on johtojensolmuvälit, joista IPS ei vielä kykene muodostamaan suojauskohteen johtoväliä. Käyttöönoton estäviä puutteita ovat ohjelmakytkimien linkitys asettelukytkimiksi relesijainnilla ja ohjelmakytkimien arvon muuttaminen manuaalisesti alkuperäisestä mallista, joka ei tällä hetkellä ole mahdollista. Lisäksi tämän hetken RELEX-mallit eivät ole Fingridin standardiasettelutiedoston mukaisia, minkä vuoksi RELEX-malleista puuttuu välttämättömiä asettelu- ja ohjelmakytkimien parametreja ja parametrien enum-arvoja, jotka on valmistajien, urakoitsijan ja Fingridin toimesta konfiguroitu Fingridin käytössä oleviin releisiin. Ratkaisuna tähän on se, että standardikonfiguraatiotiedostoista luodaan IPS-järjestelmään omat RELEX-mallit.

Työssä esiintyneistä puutoksista ja ratkaisuehdotuksista tehdään englanninkielinen raportti IPS:lle. Raportin perusteella puutteet otetaan huomioon ja korjataan, jotta järjestelmä saataisiin käyttöönottoon soveltuvaksi. Ennen kuin uusi järjestelmä on käyttöönotettavissa, asettelijat käyttävät nykyistä REST-järjestelmää.

LÄHTEET

- [1] Fingrid Oyj. 2015. ELVIS, verkkosivu. Saatavissa (viitattu 29.6.2015)
<http://www.fingrid.fi/en/company/ELVIS/Pages/default.aspx>
- [2] Fingrid Oyj. 2012. Relay Settings, käyttöohje. Julkaisematon selvitys.
- [3] Koivisto L. Relesuojaus-vanhempiasiantuntija; Fingrid Oyj. Asiantuntijahaastattelu. Useita ajankohtia aikavälillä 01.05 - 25.6.2015.
- [4] Fingrid Oyj. 2011. Kantaverkon käsikirja. Fingrid Oyj. Helsinki. Julkaisematon selvitys.
- [5] Fingrid Oyj. 2015. REST-tietokantajärjestelmä. Julkaisematon järjestelmä.
- [6] Fingrid Oyj. 2015. Kantaverkkoyhtiön hankekuvaus malli. Julkaisematon selvitys.
- [7] Suontausta J. Relesuojaus-tiiminvetäjä; Honkanen J. Relesuojaus-erikoisasiantuntija; Fingrid Oyj. Asiantuntijahaastattelu. Useita ajankohtia aikavälillä 01.04 - 15.6.2015.
- [8] IPS-ENERGY. 2010. IPS, user manual. Julkaisematon selvitys.
- [9] Fingrid Oyj. 2015. ProjectWise, piirikaaviokuvien tietokanta. Sisäinen materiaali.
- [10] Areva. 2003. MiCOMho P443, Fast Multifunction Distance Protection, Technical & Applications Guide. England 150 s.
- [11] Siemens AG. 1995. 7SA513 V3.2, Numerical Line Protection for EHV Systems. Furth-Bislohe, Germany 397 s.
- [12] ABB. 2010. Line distance protection REL670, Application manual. Västerås, Sweden.
- [13] Fingrid Oyj. 2013. Sähköasemien koulutus, S22400, relesuojaus. Sisäinen materiaali.
- [14] Power System Relay Committee of the IEEE Power Engineering Society. 2011. Transmission line protective systems loadability. Saatavissa (viitattu 19.7.2015)
http://www.pes-psrc.org/Reports/D6_Loadability.pdf

- [15] Isomäki R. 2010. Vaasan ammattikorkeakoulu, opinnäytetyö. Sammutetun keskijänniteverkon kompensointilaitteiston lisävastuksen ohjaus. Saatavissa (viitattu 19.7.2015) http://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/16790/Iso_maki_Rami.pdf
- [16] Fingrid Oyj. 2010. Asettelulaskenta, ylivirtakuvaajat. Sisäinen materiaali.
- [17] Fingrid Oyj. 2015. ELVIS R2 käyttöönottokalvot. Sisäinen materiaali.
- [18] ABB. 2002. SPAU 140 C, Tahdissaolon valvontarele: Käyttöohje ja tekninen selostus. Vaasa. Saatavissa (viitattu 20.7.2015) https://library.e.abb.com/public/41e0a5aad2c02979c2256c7e0052ce7a/FM_SPAU140C_FI_BAA.pdf
- [19] IPS Energy. 2015. IPS-tietokantajärjestelmä. Julkaisematon järjestelmä.

LIITE 1 - REST-RELELAJIT

Taulukko REST:n-relelajeista [5].

| Laji | Nimi | Laji | Nimi |
|--------|--|--------|-------------------------------------|
| Z | Distanssirele | SCsuo | Sarjakond. suojaus yleensä |
| Zlisä | Distanssireleen lisätoiminnot | VG | Vesigen. suojalaite yleensä |
| Hs | Heilahtelusalpa | Lg | Runkosulku |
| D | Differentiaalirele | B | Kaasurele |
| Dlisä | Differentiaalireleen lisätoiminnot | Mp | Ylipaineventtiili |
| Z< | Ali-impedanssirele | kkp | Käämikytk. ylipaineventtiili |
| I>lisä | Virtareleen ohjelma | kkB | Käämikytkimen kaasurele |
| I/t | Käänteisaikaylivirtarele | kkv | Käämikytk.suo- jar.(virt./paine) |
| I2 | Vastakomponenttivirta | kkva | Käämikytkimen väliasento |
| Q0/t | Käänteisaikamaasulunsuuntarele | Tö | Öljyn lämpömittari |
| Q0/P0 | Maasulunsuuntarele | Tcu | Käämin lämpömittari |
| I0/t | Käänteisaikanollavirtarele | Mp | Muuntajan suojalaite yleensä |
| I0 | Nollavirtarele (maasulkuvirtarele) | Log | Logiikka |
| I0-- | Katkeilevan maasulun nollavirta- rele | MSP | Moottorinsuojapaketti |
| Te | Lämpörelle | I2f | Yliaaltorele |
| (I2f) | Yliaaltosalparele | Is | Särövirta |
| (I>) | Salparele | t | Aikarele |
| ARC | Valokaarisuoja | HT | Häiriötallennin |
| JK | Jälleenkytkentärelle | UDC | Tasasähköverkon valvoja |
| tvalv | Tahdissaolonvalvoja | MUU | Muu rele |
| dl/dU | Epäsymmetriarele | AA | Asema-automaatio |
| KSR | Kiskosuoja | A | Apurele |
| U>lisä | Jännitereleen ohjelma | K | Kippirele |
| U0 | Nollajänniterele(maasulku- jänn.rele) | JPV | Jännitepiirin valvoja(Z) |
| JK | Jännitteensäätäjä | LPV | Laukaisupiirin valvoja |
| L | Loistehonsäätäjä | VS | Verkkosuoja |
| XAsäät | XA:han ohjelmoitu säätö | SVY | Suojauksen viestiyhteys |
| KY | Kytinkello | VA | Valmiusautomaatiikka |
| U> | Ylijänniterele | U< | Alijänniterele |
| f | Taajuusrele | RTU | Ala-asema |
| Ta | Automaattitahdistin | n-sync | Katkaisijan napasynkronointi |
| KVR | Katkaisijavikasuojaa | KÄV | Käytönvalvontajärjestelmä |
| KE | Kuorman erotus | KÄ | Käsinohjaus |
| SE | Saarekkeeksi erotus | Zkuorm | Z-releversion S-laskenta |
| P | Tehorele (takatehorele) | Zkuvio | Z-releversion kuvio |
| X< | Kapas.alireaktanssi | Dkuvio | D-releversion kuvio |
| IL | Käämisulkurele | HMI | Paikallistyoasema |
| Is/Us | Staattorin maasulku | Sjk | Suojakytkin |
| Ir/Ur | Roottorin maasulku | Mit | Mittaustoiminto |
| AVR | Akselivirtarele | EVY | Eroonkytkennän veistiyhteys |

LIITE 2 - REST-TOIMINTA-ARVOT

Taulukko REST:n kiinnitetyistä toiminta-arvoista [2].

| Kaikki releet | Asettelen kuvaus |
|-------------------------|--|
| S | kuormitusvara |
| Distanssireleet: | |
| A1 | 1. vyöhykkeen impedanssiasettelu |
| A2 | 2. vyöhykkeen impedanssiasettelu |
| A3 | 3. vyöhykkeen impedanssiasettelu |
| t1 | 1. vyöhykkeen aikahidastus |
| t2 | 2. vyöhykkeen aikahidastus |
| t3 | 3. vyöhykkeen aikahidastus |
| k0 | voimajohtoarvoista määräytyvä kerroin |
| ZA | havahtumisulottuma |
| Ylivirtareleet | |
| I> | havahtumisvirta |
| t> | I> aikahidastus |
| I>> | pikalaukaisuvirta |
| t>> | I>> aikahidastus |
| Maasulkusuojaus | |
| U0> | havahtumisjännite |
| t> | havahtumisportaan hidastus |
| U0>> | ylempi porras |
| I0>> | ylempi porras |
| t>> | ylemmän portaan hidastus |
| Jälleenkytkentä | |
| PJK | pikajälleenkytkennän käytössäolo (1/0) |
| tPJK | pjk:n jännitteetön aika |
| AJK | aikajälleenkytkennän käytössäolo (1/0) |
| tAJK | ajk:n jännitteetön aika |
| Ylijännitereleet | |
| U> | havahtumisjännite |
| t> | U> aikahidastus |
| U>> | pikalaukaisun jännite |
| t>> | U>> aikahidastus |

LIITE 3 - QUOADRAMHO RELEEN OHJELMOITAVAT KAAVAT

Quoadramho releen ohjelmoitavat kaavat toiminta-arvoista asettelukytkimiksi [5].

PRI is Primary operational value
SEC is Secondary operational value
PAR is Parameter value

RSNULL -99999999.0

Values from transmission line

inom
unom
ratio
vm
jm
X0
X1
R0
R1
XM0
RM0

```
if X0 = RSNULL or X1 = RSNULL or R0 = RSNULL or R1 = RSNULL then
  TLine = 0
end if
```

```
zph = (PAR(K1) + PAR(K2)) / inom
sinThPh = sin(PII * PAR(ThPh) / 180.0)
```

```
SEC(A1) = (PAR(K11) + PAR(K12) + PAR(K13)) * PAR(K14) * zph * sinThPh
SEC(A2) = (PAR(K21) + PAR(K22)) * PAR(K24) * zph * sinThPh
SEC(A3) = (PAR(K31) + PAR(K32)) * PAR(K33) * zph * sinThPh
SEC(A3-) = (PAR(K35) + PAR(K36)) * PAR(K33) * PAR(K37) * zph * sinThPh
SEC(R) = PAR(K3) / inom
```

```
PRI(A1) = SEC(A1) * ratio
PRI(A2) = SEC(A2) * ratio
PRI(A3) = SEC(A3) * ratio
PRI(A3-) = SEC(A3-) * ratio
PRI(R) = SEC(R) * ratio
```

```
PRI(A1b) = PRI(A1) * PAR(K15)
SEC(A1b) = PRI(A1b) / ratio
PRI(jk) = PAR(ThPh)
SEC(jk) = PAR(ThPh)
```

```
if PAR(K1) + PAR(K2) != 0.0 then
```

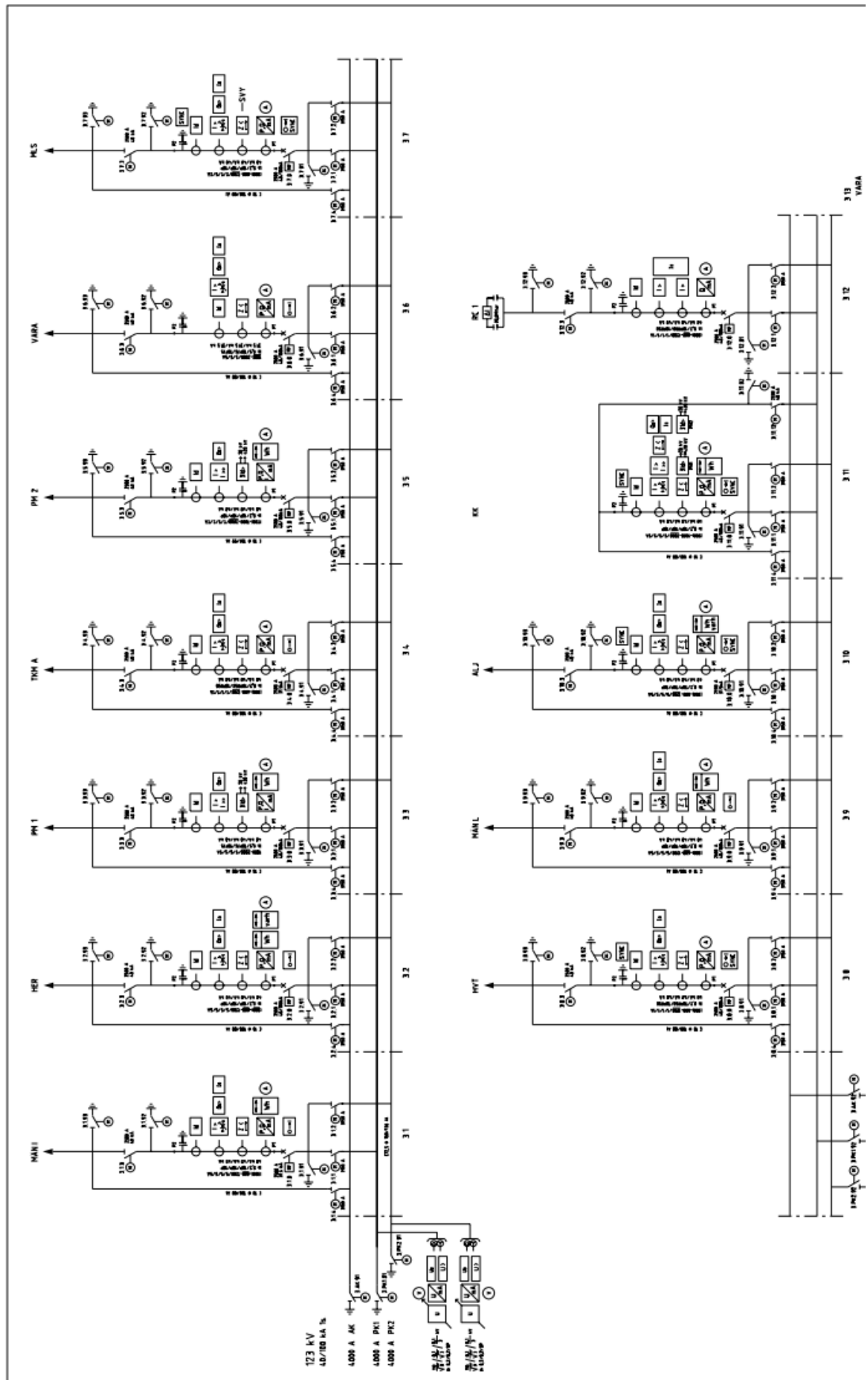
```
  PRI(k0) = (PAR(K4) + PAR(K5) + PAR(K6)) / (PAR(K1) + PAR(K2))
  SEC(k0) = PRI(k0)
```

```
end if
```

```
PRI(fiik0) = PAR(ThN) - PAR(ThPh)
SEC(fiik0) = PRI(fiik0)
```

LIITE 4 - KANGASALAN PÄÄKAAVIOKUVA

Kangasalansähköasemakenttien pääkaviokuva.[9]



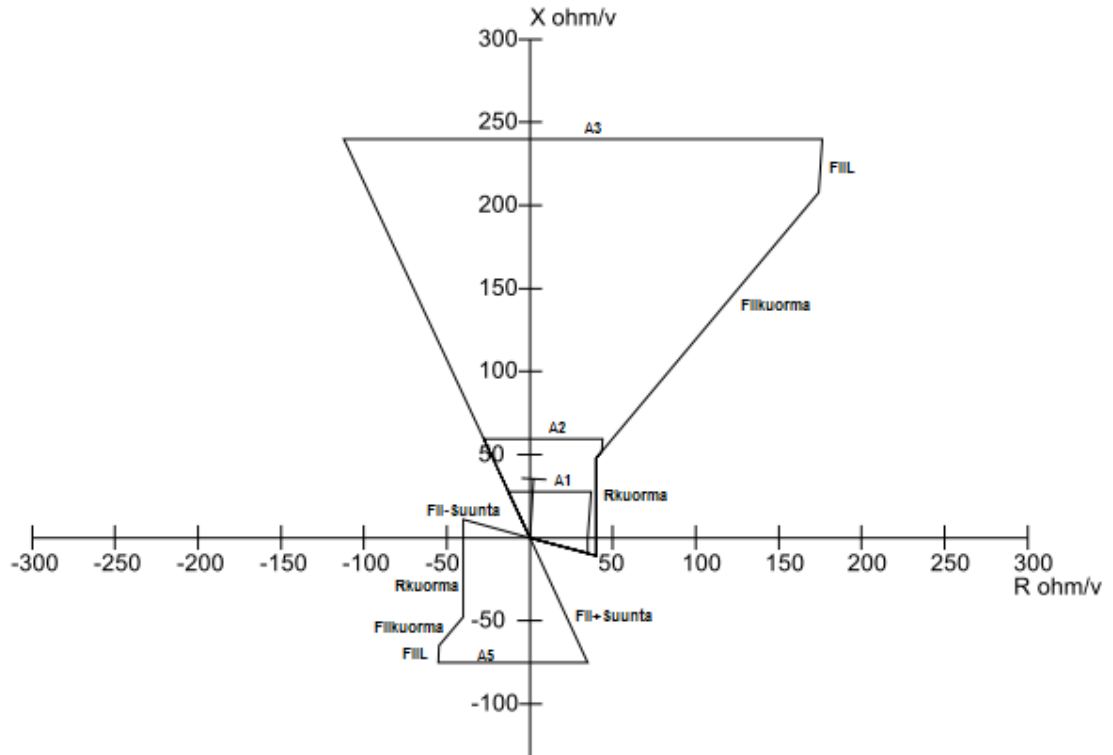
LIITE 5 - DISTANSSIRELEEN VYÖHYKEKUVAAJAT

Distanssireleen vyöhykkeiden 1,2,3 ja 5 asettelut [5].

Suojauskohde: ULVILA 400 kV A05 - KA

Rele: Z 1 RE_670 1A tai 5A

Asettelu: 1/1



| Vyöhykkeet 2-5 | | |
|----------------|----------------------------|--------------------|
| A2 | 2. Vyöhykkeen X-asettelu | *==X1z2 |
| A3 | 3. Vyöhykkeen X-asettelu | *==X1z3 |
| A4 | 4. Vyöhykkeen X-asettelu | *==X1z4 |
| A5 | 5. Vyöhykkeen X-asettelu | *==X1z5 |
| Rf2 | 2V. R-asettelu oikosulussa | *==RFPPz2*0,5 |
| Rf3 | 3V. R-asettelu oikosulussa | *==RFPPz3*0,5 |
| Rf4 | 4V. R-asettelu oikosulussa | *==RFPPz4*0,5 |
| Rf5 | 5V. R-asettelu oikosulussa | *==RFPPz5*0,5 |
| RfN2 | 2V. R-asettelu maasulussa | *== RFPEz2 |
| RfN3 | 2V. R-asettelu maasulussa | *== RFPEz3 |
| RfN4 | 2V. R-asettelu maasulussa | *== RFPEz4 |
| RfN5 | 2V. R-asettelu maasulussa | *== RFPEz5 |
| 2suunta | 2Vyöhykkeen toimintasuunta | *==OperationDir.z2 |
| 3suunta | 3Vyöhykkeen toimintasuunta | *==OperationDir.z3 |
| 4suunta | 4Vyöhykkeen toimintasuunta | *==OperationDir.z4 |
| 5suunta | 5Vyöhykkeen toimintasuunta | *==OperationDir.z5 |

LIITE 6 - DISTANSSITOIMINNON TOIMINTA-ARVOT (IPS)

Kompensoimattomaan verkkoon soveltuvat distanssitoiminnon toiminta-arvot [14].

| Topology Manager™ | | | | | |
|--|---------------|-------------|---|---------------|--------------|
| <div> <div>Topology GraphicalV...</div> <div>Network Topology Ex...</div> <div>Network Topology Hi...</div> <div>Network Topology Co...</div> </div> <div> <div>Asset Management</div> <div>Maintenance Concept</div> <div>Planning</div> <div>Work Ordering</div> <div>Work Execution</div> <div>Maintenance Analysis</div> <div>RELEX™</div> <div>PSM™</div> <div>SWM™</div> <div>PSFM™</div> <div>IPS-CAPE Bridge™</div> <div>Calculation Studio™</div> <div>Safe Load Calculation™</div> <div>Topology Manager™</div> <div>Report Studio™</div> <div>Administration</div> </div> | | | | | |
| Primary Function Templates | | | | | |
| Primary Function Templates | | | | | |
| | Name | Description | Element Code | Function Code | |
| 1 | RE_670 1A tai | Ohjelma+I> | REL670_Zlisä | Zlisä | |
| 2 | RE_670 SC 1.2 | Mod | REL670_Z_SC | Z | |
| ▶ | RE_670 1A tai | Mod | REL670 Z | Z | |
| << ≤ 3/11 ≥ >> | | | | | |
| Primary Data Definitions | | | | | |
| | Index | Name | Description | Data Tag | User Defined |
| 1 | 1 | A1 | 1.vyöhykkeen X-asettelu. Tyypillinen asettelu o | A1 | ✓ |
| 2 | 2 | A2 | 2.vyöhykkeen X-asettelu. Tyypillinen asettelu o | A2 | ✓ |
| 3 | 3 | A3 | 3.vyöhykke X-asettelu. Asettelu määrätään vika | A3 | ✓ |
| 4 | 4 | A4 | 4.vyöhykkeen X-asettelu. Käytetään tarvittaess | A4 | ✓ |
| 5 | 5 | A5 | 5.vyöhykkeen X-asettelu. Tyypillisesti toimii taa | A5 | ✓ |
| 6 | 6 | Vv | Vaiheenvalinnan asettelujen perustana oleva v | Vv | ✓ |
| ▶ | 7 | t1 | 1.vyöhykkeen hidastus monivaihevoissa. Tyyp | t1 | ✓ |
| 8 | 8 | t1E | 1.vyöhykkeen hidastus yksivaihevoissa. Tyypil | t1E | ✓ |
| 9 | 9 | t2 | 2.vyöhykkeen hidastus (= t2PE). Tyypillinen a | t2 | ✓ |
| 10 | 10 | t3 | 3.vyöhykkeen hidastus (= t3PE). Tyypillinen a | t3 | ✓ |
| 11 | 11 | t4 | 4.vyöhykkeen hidastus (= t4PE). Tyypillinen a | t4 | ✓ |
| 12 | 12 | t5 | 5.vyöhykkeen hidastus (= t5PE). Tyypillinen a | t5 | ✓ |
| 13 | 13 | 1suunta | 1.vyöhykkeen toiminta: 1=eteen, 2=taakse, 3=s | 1suunta | ✓ |
| 14 | 14 | J-arvo | Syötä 1 VAIN jos suojauskohteella ON johtoarv | J-arvo | ✓ |
| 15 | 15 | 2suunta | 2.vyöhykkeen toiminta: 1=eteen, 2=taakse, 3=s | 2suunta | ✓ |
| 16 | 16 | 3suunta | 3.vyöhykkeen toiminta: 1=eteen, 2=taakse, 3=s | 3suunta | ✓ |
| 17 | 17 | 4suunta | 4.vyöhykkeen toiminta: 1=eteen, 2=taakse, 3=s | 4suunta | ✓ |
| 18 | 18 | 5suunta | 5.vyöhykkeen toiminta: 1=eteen, 2=taakse, 3=s | 5suunta | ✓ |
| 19 | 19 | Rf1 | 1.vyöhykkeen vikaresistanssivara ohm/vaihe. 2 | Rf1 | ✓ |
| 20 | 20 | Rf2 | 2.vyöhykkeen vikaresistanssivara ohm/vaihe. 2 | Rf2 | ✓ |
| 21 | 21 | Rf3 | 3.vyöhykkeen vikaresistanssivara ohm/vaihe. 2 | Rf3 | ✓ |
| 22 | 22 | Rf4 | 4.vyöhykkeen vikaresistanssivara ohm/vaihe. 2 | Rf4 | ✓ |
| 23 | 23 | Rf5 | 5.vyöhykkeen vikaresistanssivara ohm/vaihe. 2 | Rf5 | ✓ |
| 24 | 24 | RfN1 | 1.vyöhykkeen vikaresistanssivara maasulussa | RfN1 | ✓ |
| 25 | 25 | RfN2 | 2.vyöhykkeen vikaresistanssivara maasulussa | RfN2 | ✓ |
| 26 | 26 | RfN3 | 3.vyöhykkeen vikaresistanssivara maasulussa | RfN3 | ✓ |
| 27 | 27 | RfN4 | 4.vyöhykkeen vikaresistanssivara maasulussa | RfN4 | ✓ |
| 28 | 28 | RfN5 | 5.vyöhykkeen vikaresistanssivara maasulussa | RfN5 | ✓ |
| 29 | 29 | Fii-Suunta | Vyöhykekuvioiden suuntakulma +R akselista - | Fii-Suunta | ✓ |
| 30 | 30 | Fii+Suunta | Vyöhykekuvioiden suuntakulma +R akselista + | Fii+Suunta | ✓ |
| 31 | 31 | IminA1 | 1.vyöhykkeen minimi toimintavirta lvaihe. Tyypi | IminA1 | ✓ |
| 32 | 32 | Imin | Vyöhykkeiden 2. - 5. minimi toimintavirta lvaihe | Imin | ✓ |
| 33 | 33 | IEminA1 | 1.vyöhykkeen minimi toimintavirta 310. Tyypill | IEminA1 | ✓ |
| 34 | 34 | IN>ppl | Sammutetun verkon kaksoismaasulun tunnistu | IN>ppl | ✓ |
| 35 | 35 | Rkuorm | R-asettelu kuormitusalueella. Impedanssin kul | Rkuorm | ✓ |
| 36 | 36 | Fiikuo | Kuormitusimpedanssin suurin mahdollinen kul | Fiikuo | ✓ |
| 37 | 37 | INReleasePE | Estää VM- yms. virheen aiheuttaman maasulku | INReleasePE | ✓ |
| 38 | 38 | INBlockPP | Estää monivaiheisen havahtumisen 1-vaiheise | INBlockPP | ✓ |
| 39 | 39 | FiIL | Johtokulma. FiIL = atan (X1 / R1). Lasketaan j | FiIL | ✓ |
| 40 | 40 | k01 | 400 kV rinnakkaisjohtojilla (SVY=POTT): k01 = | k01 | ✓ |
| 41 | 41 | k02 | 2.vyöhykkeen k0. Lasketaan johtoarvoista jos j | k02 | ✓ |
| 42 | 42 | k0 | 3 - 6.vyöhykkeiden k0. Lasketaan johtoarvoista | k0 | ✓ |
| 43 | 43 | RN/RL | RN/RL = (R0 - R1) / (3 * R1). Lasketaan joht | RN/RL | ✓ |
| << ≤ 7/43 ≥ >> | | | | | |

LIITE 7 - TOIMINTA-ARVOJEN KAAVAT (IPS)

Toiminta-arvo kaavat relesijainnin toiminta-arvoiksi. *FiiL* ja *RNRL* [14].

| | |
|--|---|
| Short Name | Display |
| FiiL | FiiL |
| Description | |
| | |
| Location | Z |
| Usage in Context | Additional Context Data |
| Asset | |
| Test Object | VOIMAJÄRJ - Voimajärjestelmä/OHAE - Etelä-Suomen Alue/FO - FORSSA/AE - 110 kV Pää...mä/AE10 - TKM Tikinmaa//REL670 |
| Formula | |
| <pre> if (J_arvo == 1){ var pos = Rstring.IndexOf(" "); string temp = Rstring.Substring(0, pos); double R1 = Convert.ToDouble(temp); pos = Xstring.IndexOf(" "); temp = Xstring.Substring(0, pos); double X1 = Convert.ToDouble(temp); ips = Math.Round((Math.Atan(X1/R1)*180/Math.PI),2); } else ips = FiiL; </pre> | |

| | |
|--|---|
| Short Name | Display |
| RNRL | RNRL |
| Description | |
| | |
| Location | Z |
| Usage in Context | Additional Context Data |
| Asset | |
| Test Object | VOIMAJÄRJ - Voimajärjestelmä/OHAE - Etelä-Suomen Alue/FO - FORSSA/AE - 110 kV Pää...mä/AE10 - TKM Tikinmaa//REL670 |
| Formula | |
| <pre> if (J_arvo==1){ var pos = Rstring.IndexOf(" "); string temp = Rstring.Substring(0, pos); double R1 = Convert.ToDouble(temp); pos = R0string.IndexOf(" "); temp = R0string.Substring(0, pos); double R0 = Convert.ToDouble(temp); ips = Math.Round((R0-R1)/(3*R1),2); } else ips=RNRL; </pre> | |